



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A DÍLCŮ**

INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS

**VLIV MATERIÁLOVÉ BÁZE NÁTĚROVÝCH  
SYSTÉMŮ NA TRVANLIVOST DŘEVA**

INFLUENCE OF MATERIAL BASE OF COATING SYSTEMS INTO WOOD DURABILITY

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Ilona Bednářová**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. JAN VANĚREK, Ph.D.**

**BRNO 2017**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM	N3607 Stavební inženýrství
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR	3607T020 Stavebně materiálové inženýrství
PRACOVISTĚ	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

DIPLOMANT	Bc. Ilona Bednářová
NÁZEV	Vliv materiálové báze nátěrových systémů na trvanlivost dřeva
VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	doc. Ing. Jan Vaněrek, Ph.D.
DATUM ZADÁNÍ	31. 3. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

Hartman, E., Lukavský, L., Svoboda, B. Povrchové úpravy nátěrovými hmotami v nábytkářském průmyslu. Praha: SNTL - nakladatelství technické literatury, 1988. 256 s.

Kalenda, P., Kalendová, A. Technologie nátěrových hmot I. Pojiva, rozpouštědla pro výrobu nátěrových hmot. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. 323 s. ISBN 80-71-94-660-5

Ambrožová, E. Nátěry dřeva. Praha: Grada publishing, 2000 ISBN 80-7169-924-1

Osten, M. Práce s lepidly a tmely. Praha: Grada publishing, 1996

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

V rámci diplomové práce bude sledován vliv typu pojivové báze různých nátěrových systémů na výslednou odolnost proti povětrnostním vlivům. Výsledkem bude porovnání účinnosti nátěrových systémů roztokových s inovativními systémy disperzními. Doplnkově bude posouzen i vliv typu lazurního a krycího nátěrů na výslednou hodnotu trvanlivosti dřeva.

V rámci teoretické části budou popsány základní aspekty nátěrových systémů na dřevo, pozornost bude zaměřena na hlavní typy chemického složení pojivové složky, která významně ovlivňuje jeho aplikační vlastnosti. Budou dále popsány zkušební postupy, kterými se provádí hodnocení účinnosti nátěrových systémů na dřevo určených pro vnější expozici.

V praktické části bude přistoupeno k porovnání několika typů nátěrových systémů, u kterých budou sledovány především následující parametry ovlivňující výslednou odolnost proti povětrnosti:

- 1) bude analyzován počet vrstev (vliv tloušťky) nátěrového systému
- 2) bude posouzen vliv chemického složení pojivové složky disperzí (alkydové, akrylátové disperze) a bude porovnána jejich výsledná odolnost s roztokovými nátěrovými systémy, které dlouhodoběji vykazují vyšší odolnost,
- 3) bude posouzen typ nátěrového systému /krycí, lazurovací/.

Posouzení bude probíhat dle požadavků příslušných norem, vzorky budou vystaveny jak přímé venkovní expozici, tak budou provedeny i krátkodobé zrychlené testy.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

**VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:**

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....

**doc. Ing. Jan Vaněrek, Ph.D.**

Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá vlivem materiálové báze nátěrových systémů na trvanlivost dřeva při jeho vystavení vnějším podmínkám. Teoretická část se věnuje trvanlivosti dřeva a jeho odolností vůči povětrnosti s detailním popisem zkoušek trvanlivosti nátěrových systémů. Podstatná část teorie je věnována i popisu pojivové složky nátěrových hmot.

V praktické části byl proveden experiment zkoumající vliv tloušťky nátěrového systému, typu nátěru (krycí či lazurovací) a rovněž typu pojivové báze (vodní disperze s alkydovou či akrylátovou pryskyřicí, příp. roztokový nátěrový systém s alkydovou pryskyřicí). Veškeré nátěrové systémy byly vystaveny přirozeným a umělým zkouškám stárnutí, kdy za hodnotící kritérium byla volena změna barevného odstínu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Povětrnost, nátěrový systém, nátěrová hmota, UV degradace, trvanlivost

## **ABSTRACT**

The thesis deals with the influence of the base material of the coating systems for wood durability when we exposed them to external conditions. The theoretical part is devoted to wood durability and weather resistance with a detailed description of the tests the durability of coating systems. A substantial part of the theory is devoted to description binder component of the coating material.

In the practical part was performed the experiment, which examined the influence of the thickness of the coating system, the type of coating material (paint or lasure) as well as the type of binder (water dispersion with an alkyd or acrylic resin, respectively solution coating system with the alkyd resin). All coating systems were exposed to natural and artificial durability tests. The criterions for evaluation were chosen differences of colours.

## **KEYWORDS**

Weathering, coating system, paintings, UV degradation, durability

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Bc. Ilona Bednářová *Vliv materiálové báze nátěrových systémů na trvanlivost dřeva*. Brno, 2017. 71 s., 18 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce doc. Ing. Jan Vaněrek, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 1. 2017

---

Bc. Ilona Bednářová  
autor práce

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala především svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Janu Vaněrkovi, Ph.D. za odborné vedení a poskytnuté konzultace. Děkuji také Ing. Tomáši Melicharovi, Ph.D. za pomoc při měření barevných změn a Ing. Jaroslavu Válkovi, Ph.D. za pomoc při měření suchého filmu. Můj dík patří i firmě AkzoNobel, konkrétně Ing. Jaromíru Krbilovi za poskytnutí vzorků nátěrových hmot.

## OBSAH

1	Úvod.....	10
2	Trvanlivost dřeva a odolnost vůči povětrnosti .....	11
3	Nátěrové systémy a nátěrové hmoty .....	13
3.1	Složení nátěrových hmot .....	13
3.1.1	Pojiva.....	14
3.1.2	Pigmenty a barviva .....	17
3.1.3	Rozpouštědla .....	18
3.1.4	Aditiva (přísady).....	19
3.1.5	Plniva.....	19
3.2	Rozdělení nátěrových hmot .....	19
3.2.1	Podle charakteristických vlastností (dle množství pigmentu) .....	20
3.2.2	Podle podmínek použití a pořadí v nátěrovém systému .....	20
3.2.3	Podle způsobu tvorby filmu.....	21
3.3	Klasifikace nátěrových systémů na dřevo pro venkovní použití .....	22
3.3.1	Klasifikace podle zamýšleného konečného použití.....	22
3.3.2	Klasifikace podle vzhledu .....	22
3.3.3	Klasifikace podle podmínek expozice .....	23
4	Odolnost nátěrových systémů .....	23
4.1	Zkoušky trvanlivosti a hodnocení účinnosti nátěrových hmot na dřevo ve vnější expozici .....	24
4.2	Rešerše experimentálních prací zabývajících se odolností NS vůči vnějším atmosférickým vlivům .....	28
4.2.1	Shrnutí rešerše .....	32
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....		33
5	Cíl práce .....	33
6	Metodika práce.....	34
6.1	Příprava dřevěných vzorků pro nátěrové systémy .....	36
6.2	Volba a aplikace nátěrového systému.....	36
6.3	Použité nátěrové systémy.....	40
6.4	Měření tloušťky suchého filmu.....	42
6.5	Zkouška přirozeného stárnutí nátěrových hmot ve venkovní expozici .....	42
6.6	Zkouška umělého stárnutí nátěrových hmot pro vnější expozici .....	44



6.7	Výpočet změny barevného odstínu .....	44
6.8	Použité přístroje a zařízení .....	45
7	Výsledky zkoušek .....	48
7.1	Měření tloušťky suchého filmu .....	48
7.1.1	Porovnání krycího a lazurovacího typu akrylátových disperzních nátěrových systémů	50
7.1.2	Porovnání krycího a lazurovacího typu alkydových roztokových nátěrových systémů	50
7.1.3	Porovnání vlivu pojivové báze (alkydové a akrylátové disperze) u lazurovacích NS .....	51
7.1.4	Porovnání typu lazurovacích NS (vodní disperze, roztokové) na alkydové bázi	51
7.2	Měření barevných změn při zkoušce přirozeného stárnutí NH .....	52
7.2.1	Vyhodnocení barevných změn u krycího a lazurovacího typu akrylátových disperzních nátěrových systémů .....	54
7.2.2	Vyhodnocení barevných změn u krycího a lazurovacího typu alkydových roztokových nátěrových systémů .....	55
7.2.3	Vyhodnocení barevných změn různých pojivových bází (alkydové a akrylátové disperze) u lazurovacích NS .....	56
7.2.4	Vyhodnocení barevných změn u disperzních a roztokových lazurovacích NS na alkydové bázi .....	57
7.3	Měření barevných změn při zkoušce umělého stárnutí nátěrových hmot .....	57
7.3.1	Výsledky vlivu počtu vrstev na změnu barevného rozdílu při zkoušce umělého stárnutí NS .....	58
7.3.2	Vyhodnocení souvislosti tloušťky NS se změnou barevného odstínu během zkoušky umělého stárnutí .....	61
8	Závěr .....	63
	Použitá literatura .....	65
	Seznam použitých norem .....	67
	Seznam tabulek .....	68
	Seznam obrázků .....	69
	Seznam grafů .....	69
	Seznam použitých zkratk .....	70
	Seznam příloh .....	70
	Přílohy .....	72

## 1 Úvod

Dřevo je přírodní ekologický materiál, který však především v exteriéru podléhá degradaci vlivem biotických a abiotických činitelů. Je tedy snaha dřevo chránit a prodloužit tak jeho životnost. Ochranu dřeva lze rozdělit na konstrukční a chemickou ochranu nátěrovými systémy. Tam kde je konstrukční ochrana nedostačující je nutné ošetřit dřevo i chemickým způsobem.

V oblasti ochrany dřeva vůči biotickým činitelům již máme mnoho účinných způsobů, jak se s nimi vypořádat. Co se ochrany vůči abiotickým činitelům týká např. povětrnosti, je se kam posouvat. Vývoj nátěrových hmot ovlivňují i legislativní změny a opatření ze strany EU. Ta se s pomocí směrnice EU 2004/42/EG snaží **snižit obsah těkavých látek**. Možností jak toho dosáhnout je několik. Někteří výrobci sází na zvýšení poměru sušiny, další ve snaze získat ekologicky šetrnější nátěrové hmoty mění technologii. Další alternativou je také použití disperzních systémů. Na trhu se tedy začaly objevovat například akrylátové nátěry ve formě disperzí. Jejich nevýhodou však je, že nejsou tak odolné jako roztokové, které mají výbornou odolnost proti změnám barevného odstínu i povětrnosti. Konkurencí těmto nátěrům jsou cenově dostupnější alkydové nátěry. Vývoj jde také kupředu v oblasti toxických aditiv v nátěrových hmotách a v jejich snaze nahradit je. Co do nových technologií probíhá stále intenzivní technický rozvoj v oblasti nátěrových hmot vytvrzovaných UV zářením. [30] [19]

Z důvodu rozvoje a inovace nátěrových systémů se bude práce zabývat komparací vybraných parametrů. Především tedy srovnáním pojivových složek (akrylátových a alkydových) a také porovnáním roztokových a krycích nátěrových systémů.

## 2 Trvanlivost dřeva a odolnost vůči povětrnosti

Dřevo je přírodní ekologický a trvale obnovitelný materiál, který má mnoho výhod. Například se vyznačuje vysokým poměrem pevnosti k hustotě, lze dobře opracovávat a má nízkou tepelnou vodivost. Po uhlí je naším největším surovinovým zdrojem. Nevýhodou však je, že hoří, má menší pevnost při vyšší teplotě nebo vyšší vlhkosti, podléhá tvarovým deformacím vlivem změn klimatu a postupem času podléhá degradaci vlivem různých abiotických a biotických činitelům. [11]

Mezi biotické činitele patří například dřevokazné houby, plísně, dřevokazný hmyz, hlodavci a ptáci. Pro napadení dřeva těmito škůdci je nutná dostatečná vlhkost, přístup vzduchu a teplo. Houby se dále dělí na dřevozbarvující a dřevokazné. Dřevozbarvující způsobují pouze změnu zbarvení, ale nemění mechanické vlastnosti dřeva. Pokud je dřevo napadené plísněmi, je větší riziko napadení těmito houbami a hmyzem. „*Optimální teplota pro rozvoj plísní je 24-29 °C, při poklesu vlhkosti dřeva pod 20 % plísně odumírají.*“ [23] Naproti tomu „*dřevokazné houby žijí v rozmezí teplot 2-4 °C a 35-40 °C, potřebují vlhkost dřeva 18-20 %.*“ [23] Z dřevokazných hub celulózožravých působí největší škody dřevomorka domácí a známá je také koniofora sklepní. Dřevokazné houby ligninožravé nejsou příliš časté a způsobují tzv. bílé tlení. Co se týče hmyzu, tak „*pro jejich rozvoj je nutná teplota nad 10 °C a vlhkost dřeva min. 12 %.*“ [23] „*Dřevo s vlhkostí pod 12 % je přirozeně odolné proti všem biotickým škůdcům.*“ [23] [11] [23]

Abiotické činitele dělíme na vlivy:

- atmosférické (povětrnostní) - střídání teplot, změna vlhkosti, proudění kapalných a plyných médií, UV záření, kyslík, voda a vítr, sluneční záření, mechanické vlivy, agresivní plyny a emise, prach, písek

- termické – oheň, sálavé teplo

- chemické – kyseliny, zásady, oxidační látky [11]

Tito činitelé mohou mít vliv na pevnost, vlhkost, tepelné, estetické i jiné vlastnosti dřeva. [11]

Tabulka č. 1: Abiotické poškození dřeva v exteriéru [11]

Abiotický činitel „forma energie“	Způsob	Intenzita
Tepelná (intenzivní)	- Oheň	- Výrazná
Tepelná (mírná)	- Tmavnutí - Pokles pevností	- Výrazná - Mírná
Elektromagnetické záření „UV a viditelné“	- Fotooxidace a barevné změny - Vyluhování fotooxidovaných ligninů	- Výrazná - Výrazná
Mechanická	- Trhliny a opotřebení - Povrchové rozvláknění a zdrsňení	- Mírná - Výrazná
Chemická	- Rozvláknění a zdrsňení povrchu - Barevné změny - Pokles pevností - Selektivní extrakce	- Výrazná - Výrazná - Výrazná - Výrazná

Trvanlivost dřeva se týká pouze jádrového dřeva, bělové dřevo se většinou považuje za netrvanlivé. Různé abnormality a poškození vznikají už během růstu stromu, pak při jeho těžbě, přepravě, skladování a používání dřevěného výrobku. Dřevo se skládá z ligninu (15 – 40 % z dřevní hmoty), celulózy (40 – 60 %), hemicelulóz (15 – 20 %) a také cukru, škrobu, bílkovin a minerálních látek tvořících 2 – 8 %. Největším degradačním činitelem ligninové složky dřeva je UV záření, které způsobuje zešednutí povrchu dřeva. Škroby, cukry a bílkoviny se zase mohou stát potravou pro dřevokazný hmyz (resp. larvální stádium), čímž se dřevo značně znehodnotí. Pokud je dřevo starší například 60 až 70 let hmyz už příliš neláká, protože obsahuje méně škrobů, cukrů a bílkovin. Vhodnou ochranou dřeva lze potlačit procesy degradace dřeva a prodloužit životnost. Do této ochrany se řadí například vhodné konstrukční řešení, volba prostředí a volba ošetření. Dřevo má také různou životnost podle toho, kde daný strom rostl a o jaký druh se jedná. Z u nás používaných dřevin na stavby má nejdelší životnost dub. Dále životnost dřeva ovlivňuje jeho složení. Platí že, čím více pryskyřice a tříslovin dřevo obsahuje, tím je tmavší a odolnější vůči hnilobě. [11] [15] [23]

### 3 Nátěrové systémy a nátěrové hmoty

Nátěrový systém je definován dle normy ČSN EN 927-1 jako „*souhrn všech vrstev nátěrových hmot, které mají být nebo byly nanесeny na podklad*“. [2] Určitý systém může být určen počtem vrstev nátěru. Každý nátěr má svou funkci v ochraně podkladu. Tato norma také definuje nátěrovou hmotu a to jako „*výrobek ve formě kapaliny, pasty nebo prášku, který po nanесení na podklad vytváří film mající ochranné, dekorativní a/nebo jiné specifické vlastnosti*“. [2] Chránit by měl nátěr hlavně proti vlivům povětrnosti a z nich zejména proti vlhkosti a slunečnímu záření. Aby nátěr plnil stále svoji funkci, je nutno ho obnovovat. [1]

Nátěrové hmoty se používají již po staletí. Jako první je používali prehistoričtí lidé, kteří z nejrůznějších dostupných materiálů připravovali barvy, kterými pak vytvořili nástěnné kresby v jeskyních. Dnešní doba nabízí širokou škálu nátěrů na dřevo. Při jejich výběru je vhodné zohlednit prostředí, ve kterém bude dřevo umístěno, požadavky na ochranu, vzhled a životnost nátěru. Na kvalitu estetickou i ochranou u nátěrového filmu má vliv jakost pojiva a pigmentů i vzájemný poměr jejich objemů. [1] [23]

V ČR vyrábí NH okolo 80 firem. Významným indikátorem tuzemského sortimentu je produkce členů Asociace výrobců nátěrových hmot ČR (cca 70 % celkové tuzemské výroby). Během posledních let se jejich výroba posouvá k vodouředitelným nátěrovým hmotám. V nátěrových systémech na dřevo pro interiéry převládají systémy vodouředitelné, pro náročnější aplikace jsou používány systémy polyuretanové a UV laky. V exteriéru jsou časté nátěrové systémy s vysokou odolností vůči povětrnosti a biocidní ochranou. [14]

#### 3.1 Složení nátěrových hmot

Samotná nátěrová hmota se může skládat z kapalných, polotuhých a tuhých látek nebo jejich směsí, roztoků apod. [1]

Tyto složky lze rozdělit podle těkavosti na:

- **Těkavé** - Sem se řadí rozpouštědla a ředidla.
- **Netěkavé** - Mezi netěkavé složky patří například filmotvorné látky, plniva, organická barviva, pigmenty, změkčovadla a aditiva. [1]

Na vývoj nátěrových hmot má nepřímý vliv také legislativa. V poslední době je kladen velký důraz na snížení obsahu organických těkavých látek VOC (*Volatile Organic Compounds*) v nátěrech během aplikace a vytvrzování i celkově v interiéru. Těmito látkami se rozumí jakákoliv „*organická sloučenina nebo směs organických sloučenin, s výjimkou methanu, která při teplotě 20 °C (293,15K) má tlak par 0,01kPa nebo více, nebo má odpovídající těkavost za konkrétních podmínek jejího použití, a která může v průběhu své přítomnosti reagovat za působení slunečního záření s oxidy dusíku za vzniku fotochemických oxidantů.*“ [27] Mezi VOC látky se řadí například benzen, toluen a ethylbenzen. „*Při uvolňování organických těkavých látek z nátěrového povlaku dochází vlivem ultrafialového záření k jejich rozkladu. Rozštěpené molekuly těchto látek jsou velmi reaktivní a snadno reagují s průmyslovými exhalacemi a výfukovými plyny.*“ [26] Především v interiéru mohou být tyto škodlivé látky nebezpečné a způsobit například bolesti hlavy, únavu, problémy s očními spojivkami, poruchy dýchacích cest, deprese a alergická onemocnění. [26] [27]

Možné řešení, jak se zbavit těchto škodlivých látek v interiéru, představuje ionizace vzduchu. Již proběhlo několik pokusů, kde byl prokázán vliv záporných iontů na množství VOC látek v ovzduší a zvýšení kvality měřeného prostředí při zvýšeném množství záporných iontů. U nátěrových hmot se snaha o snížení projevuje především v upřednostňování vodouředitelných nátěrových hmot a ve snaze nahradit nebezpečná sikativa. Sikativa jsou významnými aditivami pojiv vytvrzujících na vzduchu procesem zesíťování (katalyzátory při oxypolymeraci vzdušným kyslíkem). Nejúčinnějšími katalyzátory jsou sloučeniny toxického kobaltu. [26] [27] [28]

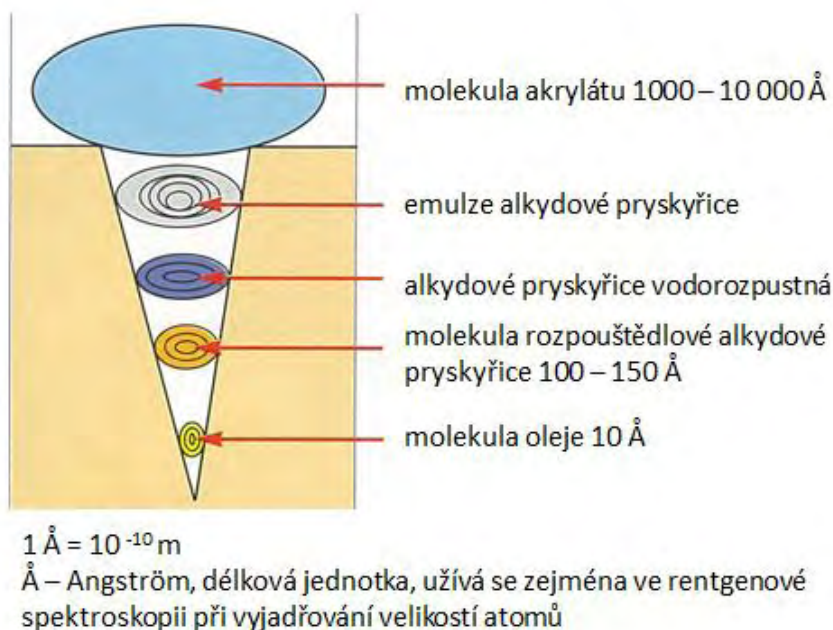
#### Složky nátěrových hmot:

##### **3.1.1 Pojiva**

Pojiva jsou filmotvorné látky. Po vyschnutí nátěrové hmoty spojují ostatní složky v jeden celek. Udávají hlavní vlastnosti nátěru a tak jsou základní a rozhodující složkou nátěrových hmot. Jejich hlavní funkcí je zajistit dobrou přilnavost k podkladu. Dnes se do nátěrů určených do exteriéru hodně používají nátěrové látky, jejichž pojivem jsou syntetické polymery. U krycích nátěrů jsou obvyklými pojivy alkydové pryskyřice a polyuretany nebo akrylátové disperzní nátěrové látky. U lazur jsou to nejčastěji alkydové pryskyřice a vysychavé oleje nebo polymerní disperze založené na akrylátech a alkydových pryskyřicích případně na jejich kombinaci. Mezi často používaná pojiva pro

nátěry na dřevo určené do interiéru patří upravený lněný olej, alkydové pryskyřice, deriváty nitrocelulózy, polyuretanové, epoxidové pryskyřice a polyesterové pryskyřice. [4] [30]

Průnik různých pojiv do dřevěných pórů:



Obrázek č. 1: Porovnání velikosti pojiv [15]

## Olejové nátěry

V minulosti se velmi často používali pro ošetření dřeva v exteriéru. Jsou to nátěry na bázi rostlinných olejů. Jedná se o olejové laky a fermeže. U fermeží se polymerní řetězec vytváří až po nanesení na dřevo během autooxidačního vysychání triglyceridů nenasycených mastných kyselin vzdušným kyslíkem. Tyto nátěry jsou málo trvanlivé a nepříliš chemicky odolné. Olejové laky obsahují přírodní oleje a živce. Tyto laky jsou tvrdé, lesklé a odolné vůči vodě. Lněný olej má malé molekuly a tak proniká hluboko do dřeva. Nevýhodou je jejich dlouhá doba zasychání, nízká odolnost vůči povětrnostním vlivům, citlivost na teplotu, křehkost a praskání. Při změnách teplot hrozí, že se vytvoří bublinky. Toto riziko se zvyšuje s rostoucí hustotou nátěrového filmu. Také mají tendenci ke ztrátě lesku během jednoho až dvou let. Dnes se používá často k restaurování historických oken a dveří. [11] [15] [25]

## **Alkydové nátěry (pryskyřice)**

### Alkydové pryskyřice na bázi rozpouštědel

Alkydové pryskyřice vznikají varem dikarboxylových kyselin (např. kyseliny ftalové) s vícesytnými alkoholy (glycerol) a mastnými kyselinami (jako jsou lněný olej, sójový olej a talový olej). Dle množství oleje lze alkydové pryskyřice dělit do tří skupin, první obsahuje méně než 40 %, druhá 40-60 % a třetí obsahuje více než 60 % oleje. Následkem autooxidace těchto vysychavých olejů na povrchu dřeva vytvářejí většinou po 2 až 3 hodinách film. Celkem se však tyto nátěry vytvrzují až 72 hodin. Nátěrový film má velmi dobrou přilnavost k podkladu. Pigmentované impregnace a glazury proniknou do hloubky až 30 µm. Bezbarvé impregnace se dostanou ještě hlouběji. Po vysušení je nátěr tenký, ohebný a odolný vůči mechanickému opotřebení. Pružnost, odolnost a schopnost průniku závisí na typu alkydové pryskyřice. Do náročného prostředí lze zvolit také alkydové nátěry s přídavkem fungicidních a insekticidních složek. Jejich výhodou je příznivá cena a dobrý poměr ceny a vlastností. Bývají dostupné v pestré škále barev. [11] [15]

### Alkydové pryskyřice rozpustné ve vodě (emulze)

Jedná se o ekologickou povrchovou úpravu. Pronikají hlouběji do dřeva ve srovnání s velkými molekulami disperzí. Ale v porovnání s alkydovými pryskyřicemi na bázi rozpouštědel a akrylátů je jejich průnik do dřeva výrazně nižší. Při vhodné kombinaci surovin lze získat vysoce kvalitní vodou ředitelný nátěrový systém na dřevo. Tyto pryskyřice se nejlépe rozpouští ve směsi vody a alkoholu v poměru 8:2. Další ředění se provádí už pak pouze vodou. [15] [1]

## **Akrylátové disperze**

Mezi jejich výhody patří vysoká pružnost, odolnost a nehrozí zde žloutnutí. Nevýhodou je velikost molekul disperze. Některé jsou příliš velké (viz

Obrázek č. 1), neproniknou do pórů dřeva a zůstávají pouze na povrchu. V minulosti u tlustých vrstev docházelo k odlupování nátěru. Nyní jsou molekuly menší a tím i transparentnější oproti dřívějším mléčným disperzím. Nátěry s tímto typem pojiva jsou vysoce odolné vůči povětrnosti a dochází u nich k mnohem menším ztrátám lesku než u nátěrů na bázi olejů. [15] [25]



## Polyuretany

Polyuretany vznikají reakcí vícefunkčních izokyanátů s polyalkoholy. Jejich výhodou je vynikající odolnost vůči působení chemikálií, světlu a povětrnosti a výborné mechanické vlastnosti jako je například odolnost proti otěru a trvalá elasticita. Polyuretany mohou být jednosložkové, dvousložkové, nereaktivní rozpouštědlové typy a disperzní typy. Jednosložkové se vytvrzují chemickou reakcí se vzdušnou vlhkostí. Naproti tomu u dvousložkových probíhá vytvrzování chemickou reakcí po přidavku tužidla. U nereaktivních polyuretanů rozpouštědlového typu dochází k odpařování rozpouštědla a tím vzniká film. Disperzní typy mají pojivo emulgováno do vody a horší vlastnosti. Nereaktivní rozpouštědlové a disperzní typy vysychají na základně fyzikálních dějů. [30]

**Polyesterové** - Tyto nátěry jsou vyráběny z nenasyčených polyesterových pryskyřic. [16]

**Nitrocelulózové** – Vyrábí se z roztoků nitrocelulózy, syntetických pryskyřic, pigmentů a plnidel. Tyto nátěry rychle schnou, ale mají krátkou životnost a obsahují současně i velké množství těkavých hořlavých látek. [16]

**Epoxidové** – Jedná se o dvousložkové nátěrové hmoty. Jejich výhodou je vysoká tvrdost a odolnost jak proti mechanickému, tak proti chemickému namáhání. [16]

### 3.1.2 Pigmenty a barviva

Mohou být organického i anorganického původu a dávají nátěrovým hmotám barevný odstín. Na účinnost pigmentu má velký vliv jemnost zrn. Mezi pigmenty patří například titanová běloba, saze, chromová žlut' a zeleň, hliníkový bronz. Jedná se o barvicí prostředky nerozpustné v rozpouštědlech a filmotvorných látkách. Pigmenty ovlivňují kryvost, tvrdost a rozliv nátěrové hmoty. Hlavní a nejdůležitější vlastností pigmentů je právě kryvost. *Kryvostí se rozumí „schopnost nátěrové hmoty nebo nátěru zakrýt barvu nebo barevné rozdíly podkladu.“* [2] Závisí na množství pigmentu a jeho indexu lomu. V souvislosti s pigmenty se zjišťuje snad nejdůležitější parametr nátěrových hmot a to „objemová koncentrace pigmentů“ neboli OKP. V zahraničí je používáno označení PVC neboli Pigment Volume Concentration. OKP je definována jako „*objemový podíl pigmentů v konečném suchém filmu.*“ [1] OKP má vliv například na lesk, permeabilitu a tvorbu puchýřků. Pokud OKP dosáhne kritické objemové koncentrace pigmentu označované jako KOKP dojde ke změně vlastností. [1] [4] [24]

Objemovou koncentraci pigmentu vyjadřuje rovnice:  $OKP = \frac{100 \cdot V_p}{V_p + V_{cn}}$

V – objem složky v jednotce nátěrové hmoty, p – pigment (index), cn – pojiva (index)

### 3.1.3 Rozpouštědla

Rozpouštědlem rozumíme látku, která bude rozpouštět jinou látku. Úkolem rozpouštědla je převést filmotvornou látku do formy roztoku, neboť mnoho látek projevuje svou nejlepší použitelnost právě v roztoku. Hlavním a také cenově nejdostupnějším rozpouštědlem je voda. Avšak do nátěrových hmot se většinou používají organické látky, neboť většina filmotvorných látek je ve vodě nerozpustná. Nyní je však snaha, co nejvíce používat rozpouštědla na vodní bázi, aby nedocházelo k poškozování životního prostředí a to především ozonu. Rozpouštědla se používají nejen k rozpouštění filmotvorných látek, ale také k ředění nátěrových hmot na konzistenci, která umožňuje jejich nanášení na povrch. Po nanesení na povrch se rozpouštědlo v procesu schnutí odpaří. Nátěrové hmoty, které se aplikují například nástřikem, obsahují rozpouštědla, která se rychle odpaří. Naproti tomu rozpouštědla v nátěrových hmotách, které se aplikují štětcem nebo válečkem, se odpařují pomaleji a tím je zajištěn dostatek času na aplikaci. Dále existují univerzální ředidla. To je směs rozpouštědel s různou dobou odpařování. „Mezi nejdůležitější technologické vlastnosti patří: rozpouštěcí síla, těkavost, stabilita, toxicita, hořlavost a barva.“ [1] „Obecně lze říci, že kapaliny mající malé molekuly jsou lepší rozpouštědla a poskytují roztoky o nízké viskozitě. S rostoucí molekulovou hmotností rozpouštědla klesá jeho rozpouštěcí schopnost.“ [1] Dále také aromatické uhlovodíky (benzen, xylen, styren) mají lepší rozpouštěcí schopnost než alifatické uhlovodíky (minerální destiláty, terpentýn). Avšak některé aromatické uhlovodíky mohou být karcinogenní. Proto se používají pouze zřídka. Mezi rozpouštědla dále patří například alkoholy (etylalkohol, butylalkohol), estery (ethylacetát, butylacetát), glykoletery (ethylglykol, butylglykol) a ketony (aceton). [4] [1]

Rozpouštědla lze různě dělit například podle polaritý na: polární (voda, alkoholy, ketony) a nepochární (alifatické uhlovodíky). „Rozpouštědla s vysokou polaritou či schopností tvořit vodíkové vazby (sloučeniny obsahující hydroxylové skupiny) dobře rozpouštějí polární filmotvorné látky (fenolické pryskyřice). Nepochární uhlovodíková rozpouštědla dobře rozpouštějí nepochární či slabě polární látky (rostlinné oleje).“ [1] Podle charakteru jejich působení na filmotvorné látky lze rozpouštědla rozdělit na:

- pravá (aktivní) rozpouštědla – sama rozpouští filmotvornou látku

- nepravá (latentní) rozpouštědla – rozpouští pouze ve směsi s pravými rozpouštědly
- ředidla – slouží k dodatečnému ředění nátěrových hmot, nemusí rozpouštět filmotvornou látku, ale musí mít schopnost snížit viskozitu nátěrové hmoty bez vysrážení filmotvorné látky. [1]

Avšak pro danou filmotvornou látku může být jedno rozpouštědlo pravým rozpouštědlem a pro jinou filmotvornou látku nepravým. [1]

#### **3.1.4 Aditiva (přísady)**

Neboli se jim také říká pomocné látky. Ovlivňují vlastnosti tekutých i suchých nátěrů. Používají se tedy k dosažení speciálních vlastností nátěrových hmot nebo k usnadnění jejich přípravy. Aditivy mohou být například povrchově aktivní látky zlepšující smáčení pigmentů a dispergaci, přípravky zpomalující sedimentaci pigmentů a matovací prostředky, tužidla, tvrdidla, absorbéry UV záření, sikativa (sušidla), odpěňovací aditiva, fungicidní aditiva, látky zamezující hoření. [1] [4]

#### **3.1.5 Plniva**

Plniva mohou ovlivnit odolnost nátěrového filmu proti vodě. Platí zde, že s rostoucím elektrickým odporem roste i odolnost proti vodě. Proto plniva jako například baryt s vysokým elektrickým odporem zvyšují odolnost proti vodě. Plnivy se doplňují mechanické vlastnosti. Zpravidla bývají anorganického původu, bílé nebo šedé barvy a mají malou kryvost. Nejznámějšími plnivy jsou baryt, mastek, kaolin, křída a křemelina. [1] [4]

### **3.2 Rozdělení nátěrových hmot**

Způsobů, jak lze nátěrové hmoty dělit je mnoho. Mezi nejzákladnější dělení patří dle podmínek použití na vnitřní, venkovní a speciální. Mezi speciální nátěrové hmoty patří například nátěry zamezující hoření a nátěry odolné vůči vyšším teplotám. Nátěrové hmoty lze různým způsobem nanášet i podle toho je možné je rozdělit. A to na nátěry nanášené máčením, ručně štětcem nebo válečkem a stříkáním vzduchovým, vysokotlakým nebo elektrostatickým. Dále jsou zde uvedena další možná dělení nátěrových hmot. [1]

### 3.2.1 Podle charakteristických vlastností (dle množství pigmentu)

Množství pigmentu ovlivňuje odolnost nátěru vůči UV záření. Platí, že čím více pigmentu nátěr obsahuje, tím lépe je chráněn vůči UV paprskům. [13]

#### **Transparentní (nepigmentované)**

Tvoří průhledný až průsvitný nátěr. Patří sem například laky a fermeže. Nepigmentované nátěrové hmoty jsou většinou upravené rostlinné oleje, roztoky olejů a pryskyřic v organických rozpouštědlech, roztoky nitrocelulózy apod. Používají se hlavně na ošetření tmavších druhů dřeva, aby se zabránilo jejich odbarvení. Tyto nátěry podtrhují přirozenou krásu dřeva, avšak nejsou odolné vůči přímému slunečnímu záření. Pokud bychom takto upravené dřevo vystavili venkovní expozici, bylo by nutné tento nátěr každé 1-2 roky opravovat. Nátěr totiž vlivem slunečního záření křehne, praská a odlupuje se. Je vhodné je tedy umístit pod převisy nebo na severní stranu, kde jsou chráněny před přímým slunečním svitem. I když bude nátěr takto chráněn, jsou doporučovány alespoň tři vrstvy tohoto nátěru. [4] [1] [25]

#### **Pigmentované**

Tvoří většinou neprůhledný nátěr a plně překrývají strukturu dřeva. Jsou odolnější vůči povětrnosti než bezbarvé nátěry a tedy mají i delší životnost. Patří sem například emaily, barevné laky, barvy a tmely. Barevné laky obsahují jemně mleté anorganické pigmenty, které alespoň částečně chrání vůči UV záření. Dále existují barevné lazury a krycí nátěrové hmoty. Lazury se dále dělí na tenkovrstvé, tvořící tenký film příliš nepřekrývající kresbu dřeva, a na tlustovrstvé lazury, které tvoří film nepropustný pro vodní páry. Tlustovrstvá lazura také chrání dřevo proti sesychání a snižuje bobtnání. Krycí nátěry jsou vysoce pigmentované, a tedy nejlépe chrání povrch dřeva vůči povětrnosti. Pigment plní také funkci estetickou. Krycí nátěry nabízejí největší barevnou škálu. [1] [25]

### 3.2.2 Podle podmínek použití a pořadí v nátěrovém systému

**Napouštěcí** - Napouštěcí nátěry mají za úkol penetrovat do podkladu a zajistit mimo jiné zakotvení dalšího nátěru. Používají se k napouštění savých podkladů jako je dřevo, zdivo apod. [1]

**Základní** - Základní nátěr musí mít dobrou přilnavost k podkladu. Jeho úkolem je zprostředkovat dobrou přilnavost mezi impregnačním a vrchním nebo podkladovým nátěrem. Nemusí zcela odolávat povětrnostním vlivům. [1]

**Vyrovňovací** - Slouží k vyrovnaní povrchu podkladu. [1]

**Podkladové** - Používají se jako vrstva pod vrchní nátěr. Podkladové nátěrové hmoty mají o něco méně pigmentů než ty základní. Jejich hlavním úkolem je zajistit dobrou adhezi k základnímu a vrchnímu nátěru. Často se tato vrstva vynechává. [1]

**Vrchní** - Vrchní nátěr se používá jako poslední vrstva nátěrového systému. Je zde kladem důraz na vysokou odolnost proti vlivům povětrnosti a elasticitu, kterou lze zajistit přidáním méně pigmentů. Nátěr musí být elastický proto, aby byl schopen odolávat objemovým změnám podkladu. [1]

### 3.2.3 Podle způsobu tvorby filmu

Způsob tvorby nátěrového filmu po aplikaci nátěrové hmoty má velký vliv na vlastnosti povrchové úpravy. Po nanesení dochází ke změnám skupenství z kapalného na tuhé. Nátěrové hmoty lze dle způsobu tvorby nátěrového filmu dělit na zasychající: [24]

**Chemickými pochody** - „*Při tvorbě filmu probíhají chemické pochody (např. oxidace, polymerace, polykondenzace, polyadice apod.), při kterých se z původních nízkomolekulárních látek stávají vysokomolekulární. Patří sem např. fermeže, bezrozpouštědlové nátěrové hmoty apod.*“ [1]

**Fyzikálními pochody** - Při zasychání se odpaří rozpouštědlo nebo ztuhne roztavená hmota. Filmotvorná složka se při tvorbě filmu nemění. Do této skupiny řadíme lihové, olejovo-voskové, nitrocelulózoové a vodou ředitelné nátěrové hmoty. [1] [24]

**Fyzikálně i chemicky** - „*Film vzniká odpařením rozpouštědel a chemickou reakcí.*“ [1] Patří sem nátěry vypalovací, vytvrzované a také např. epoxidové, polyuretanové a další. K vytvrzování dochází většinou UV a EBC (vytvrzování proudem elektronů) zářením. Tyto nátěry musí mít ve směsi fotoiniciátory, které pohltnou vyzářenou energii. „*Po předání energie a iniciace vzniknou z monomerů radikály, které vytvářejí příčné vazby mezi pojivy a podílejí se na stavbě polymerní sítě pojiva.*“ [24] [1] [24]

### 3.3 Klasifikace nátěrových systémů na dřevo pro venkovní použití

Tato klasifikace je dle normy ČSN EN 927 – 1.

#### 3.3.1 Klasifikace podle zamýšleného konečného použití

Tato klasifikace souvisí s rozměrovou stabilitou dřevěné konstrukce. Rozlišujeme tři kategorie:

- a) **Nestabilní** - U konstrukcí zařazených do této kategorie nemáme žádné požadavky na rozměrovou stabilitu. Mohou sem patřit například zahradní kůlny, ploty a větrané ochrany před deštěm.
- b) **Polostabilní** - Zde jsou přípustné změny pouze v omezeném rozsahu. Lze sem zařadit například dřevěné skelety a obložení spojená na pero a drážku.
- c) **Stabilní** - U stabilních konstrukcí jsou přípustné jen minimální změny. Za stabilní konstrukce lze považovat například dveře, okna anebo zahradní nábytek. [2]

U polostabilních a stabilních konstrukcí by měl nátěrový systém regulovat změny rozměrů dřevěného podkladu způsobené absorpcí a uvolňováním vody. [2]

#### 3.3.2 Klasifikace podle vzhledu

Klasifikace podle vzhledu probíhá podle tří faktorů, kterými jsou síla vrstvy, kryvost a lesk.

##### Síla vrstvy

Dle měření tloušťky suchého nátěrového systému na borovém dřevě metodou 6A dle EN ISO 2808:2007 rozlišuje čtyři kategorie síly vrstvy. Nátěrový systém nebo hmota může mít sílu vrstvy **minimální** s průměrnou tloušťkou menší než 5  $\mu\text{m}$ , **malou** s průměrnou tloušťkou od 5  $\mu\text{m}$  do 20  $\mu\text{m}$ , **střední** s průměrnou tloušťkou přes 20  $\mu\text{m}$  do 60  $\mu\text{m}$  nebo **velkou** s průměrnou tloušťkou přes 60  $\mu\text{m}$  do 100  $\mu\text{m}$  [2]

##### Kryvost

Podle kryvosti lze nátěrové hmoty dělit na **neprůhledné**, **poloprůhledné** a **průhledné**. Neprůhledné nátěrové systémy jsou takové, které zakryjí barvu a strukturu podkladu. Poloprůhledné nátěrové systémy nezakrývají povrch dřeva úplně. A ty průhledné nátěrové ponechávají povrch dřeva jasně viditelný. [2]

## Lesk

Úroveň lesku ovlivňuje podklad, typ nátěrového systému a způsob jeho nanášení. Na základě zrcadlové odrazivosti měřené při 60° metodou dle EN ISO 2813 dělíme nátěrové systémy do pěti kategorií. Nátěrové systémy mohou být **matné** s odrazivostí do 10, **polomatné (saténové)** s odrazivostí přes 10 do 35, **pololesklé** s odrazivostí přes 35 do 60, **lesklé** s odrazivostí přes 60 do 80 a **vysoce lesklé** s odrazivostí přes 80. [2]

### 3.3.3 Klasifikace podle podmínek expozice

Podmínky expozice jsou popsány pomocí tří činitelů a to orientací vůči světovým stranám (makroklimatický činitel), stupněm krytí před deštěm (mikroklimatický činitel) a sklonem (mikroklimatický činitel). Podle těchto činitelů se klasifikují podmínky jako: mírné, střední nebo agresivní. [2]

## 4 Odolnost nátěrových systémů

Na nátěry stejně jako na dřevo negativně působí povětrnostní vlivy. Z nich především sluneční záření, voda a agresivní látky v ovzduší. Degradace nátěru se projevuje nejprve ztrátou lesku, pak vznikem trhlinek a pak dochází k odprýskávání od podkladu. [30]

Pokud chceme zvýšit trvanlivost a odolnost dřeva, je třeba dát si pozor na správnou volbu chemického ochranného prostředku a jeho vhodnou aplikaci. „*Ochranné vlastnosti nátěru jsou podmíněny dvěma činiteli: 1. Mechanickými a chemickými vlastnostmi filmu, 2. Soudržností (spojením mezi filmem a natíraným povrchem).*“ [1] Kvalita chemické ochrany závisí také na struktuře a vstupní vlhkosti dřeva, na zvolné technologii ošetření dřeva a na stabilitě ochranného prostředku. Dřevo je materiál, u kterého dochází k nemalým objemovým změnám. V tangenciálním směru dřevo sesychá až o 8 %, v radiálním směru je to až o 4 % a k nejmenšímu sesychání dochází v podélném směru. Tyto změny kladou vysoké nároky na vlastnosti nátěrových hmot. Nátěry tedy musí být pružné a ne příliš tvrdé, neboť ztráta pružnosti vede k rozrušení nátěru. Abychom předešli tvorbě puchýřů v nátěru způsobených tlakem vodních par pod nátěrem, nesmí dřevo mít více než 15 % vlhkosti. Pokud je základní nátěr proveden na dřevo s vlhkostí více, než 15 % hrozí, že nevnikne do pórů, bude mít nižší přilnavost k podkladu a nedochází k dostatečné ochraně dřeva. Ideální vlhkost je kolem 12 až 13 %. [1]

Také složky nátěrových hmot mají vliv na odolnost vůči povětrnosti. „*Anorganické pigmenty a plniva jsou méně navlhavá, mají větší tvrdost a odolnost proti UV záření a kyslíku, větší odolnost proti otěru, solím a plynům, než organická pojiva.*“ [1] Jedním z obecných pravidel také je, že čím nátěr vypadá přirozeněji a více vyniká struktura dřeva, tím je nátěr méně odolný. Životnost nátěru závisí také na tloušťce nátěru. Dále je životnost ovlivňována orientací vůči světovým stranám. [30]

Mezi složky nátěrů chránící vůči povětrnostním vlivům patří:

- stabilizátory extraktivních látek, které brání vyluhování
- stabilizátory ligninsacharidické matrice chránící proti účinkům UV záření, kyselin, zásad, solí, oxidačních a jiných agresivních látek
- stabilizátory tvaru dřeva, které zabraňují vzniku rozměrových změn a trhlin vlivem střídání vlhkosti a teploty. [11]

K hlavním faktorům, které ovlivňují životnost a odolnost, tedy řadíme správný výběr nátěru, aplikace, druhu podkladu, typu konstrukce, řádné provedení a vzájemnou kompatibilitu nátěrových hmot mezi vrstvami navzájem a nátěru s podkladem. Abychom co nejvíce prodloužili životnost nátěrového systému je nutné se o nátěr starat a minimálně jednou ročně ho obnovovat. [25] [22]

#### 4.1 Zkoušky trvanlivosti a hodnocení účinnosti nátěrových hmot na dřevo ve vnější expozici

Přirozené i umělé zkoušky trvanlivosti patří k nejnáročnějším a dobou trvání k nejdelším, ale také k nejzajímavějším zkouškám nátěrů. Vždy se hodnotí a zkouší celý nátěrový systém, tak jak má být použit. Dříve byly používány tyto **technické předpisy Výzkumného a vývojového ústavu dřevařského v Praze** pro nátěrové hmoty (systémy) v exteriéru:

- TP VVÚD 3.64.001 – povětrnostní zkouška urychlená

Zkouška trvá 9 týdnů a simuluje urychlené stárnutí nátěrových hmot. Cyklus obsahuje skrápění vodou, UV záření, infračervené záření a mráz. V předpise se nachází i přepočet laboratorního stárnutí na reálný čas. Dlouhodobým pozorováním bylo zjištěno, že 9 cyklů umělého stárnutí odpovídá pěti rokům venkovní expozice bez údržby. Výsledkem zkoušky je pouze přibližná trvanlivost nátěrové hmoty nebo systému. [22]



- TP VVÚD 3.64.002 – povětrnostní zkouška přirozená

Zkouška trvá 5 let. Ukazuje degradaci nátěrové hmoty v průběhu několika let. Tato zkouška je přesnější než zkouška urychlená. [22]

Pro porovnání hmot na evropské úrovni byl zaveden **soubor norem ČSN EN 927- 1, 2, 3, 4, 5, 6**. Tento soubor byl vypracován technickou komisí CEN TC 139. Normy ČSN EN 927-1, 2 jsou pouze požadavkové normy. V případě například povrchových úprav určených do exteriéru (např. oken a dveří) by měly být výrobky otestovány dle ČSN EN 927-3 (ČSN EN 927-6), ČSN EN 927-4 a ČSN EN 927-5. Ze zkoušek lze vyhodnotit vhodnost ochranného nátěru, a jak často bude nezbytné nátěr obnovovat.

- ČSN EN 927-1 Nátěrové hmoty – Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 1: Klasifikace a volba

Tato norma definuje kategorie vzhledu a konečného použití. V příloze jsou uvedeny současné zkušenosti s charakteristickým chováním nátěrů. Také jsou zde stanovena kritéria pro posuzování vhodnosti nátěrového systému pro různá použití.

- ČSN EN 927-2 Nátěrové hmoty - Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 2: Soubor požadavků

Tato norma se zabývá kritérii hodnocení funkčních vlastností nátěrových systémů na dřevo ve vnějším prostředí. „*Požadavky na vlastnosti jsou specifikovány podle tří kategorií konečného použití (definovaných v EN 927-1) na základě dvou povinných, a to zkoušky přirozeným stárnutím prováděné podle EN 927-3 a zkoušky propustnosti pro vodu podle EN 927-5.*“ [12] „*Funkční vlastnosti budou silně ovlivněny vzhledem (např. průhledný x neprůhledný), podkladem (např. druhem dřeva) a podmínkami klimatu a expozice.*“ [12]

- ČSN EN 927-3 Nátěrové hmoty - Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 3: Zkouška přirozeným stárnutím

Vzorky jsou při zkoušce umístěny do stojanu pod úhlem 45° a směrem na jih, kde jsou povětrnostní podmínky nejnáročnější. Po 12 měsících se vyhodnotí míra poškození: odlupování, tvorba trhlinek, puchýřků, křídování, růst plísní, změna lesku, změna barvy, popř. přilnavost. Výsledkem této metody je zařazení povrchové úpravy do kategorie užití definovaných dle normy ČSN EN 927-1. Zkouška trvá rok. Tedy na rozdíl od pětileté zkoušky TP VVÚD 3.64.002 – povětrnostní zkouška přirozená neposkytuje přehled o

chování nátěrového systému v průběhu let. Rozhodující je 3. rok. Pokud nátěrový systém odolá podmínkám 3 roky, lze předpokládat trvanlivost minimálně 5 let. Počasí se může v různých letech velmi lišit a roční zkouška tedy ukazuje trvanlivost pouze v tom daném roce. Pro lepší představu o chování v průběhu let je vhodné nechat vzorky ve venkovní expozici více let. [22]

- ČSN EN 927-5 Nátěrové hmoty - Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 5: Hodnocení propustnosti vůči vodě

Pokud voda pronikne do dřeva, může způsobit rozměrové změny a pak také poškození plísněmi a dřevozbarvujícími houbami a následně i dřevokaznými houbami. Je tedy vhodné, aby nátěrové hmoty nepropouštěly vodu. [22]

- ČSN EN 927-6 Nátěrové hmoty - Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 6: Expozice povlaků dřeva umělému stárnutí s použitím fluorescenční UV lampy a vody

Jedná se o urychlenou zkoušku trvající pouze 12 týdnů. Zkouška není příliš přesná. Výsledek zkoušky má spíše informační charakter. Používá se především při vývoji nových nátěrových systémů například při ozkoušení složení nátěrové hmoty. Výsledky nelze srovnávat se zkouškou přirozenou. Oproti TP VVÚD 3.64.001 v cyklech není obsaženo zatěžování mrazem. Tato zkouška méně věrohodně simuluje reálné podmínky. [22]

**Dále existují normy simulující pouze určitý povětrnostní vliv (vlhkost, střídání teplot, světlo).** Tyto zkoušky jsou vhodné při porovnávání vlastností materiálů. U norem ČSN EN ISO 16474 jsou výsledky vztaženy na dobu expozice nebo dávky ozáření nezbytné ke snížení charakteristické vlastnosti. Často se tyto zkoušky používají ke kontrole kvality různých šarží.

- ČSN 67 3098 Nátěrové hmoty. Stanovení odolnosti proti střídání teplot

Tato metoda je založena na střídavém působení vysokých a nízkých teplot na nátěrovém filmu a následným stanovením změn jeho dekorativních a ochranných vlastností. Během zkoušky jsou vzorky umístěny nejprve na 1 hodinu do sušárny s teplotou  $(50 \pm 1)^\circ\text{C}$ , pak na 1 hodinu do chladicí komory s teplotou  $(-30 \pm 2)^\circ\text{C}$  a nakonec jsou vzorky ponechány 15 min při laboratorních podmínkách. Cyklus by měl být opakován nejméně 10krát. U zkoušky se hodnotí dekorativní i ochranné vlastnosti.

- ČSN EN ISO 6270-1 Nátěrové hmoty - Stanovení odolnosti proti vlhkosti - Část 1: Kontinuální kondenzace a ČSN EN ISO 6270-2 Nátěrové hmoty - Stanovení odolnosti proti vlhkosti - Část 2: Postup pro expozici zkušebních vzorků v prostředí kondenzace vody

Tyto normy se zabývají stanovením odolnosti nátěrů a nátěrových systémů proti podmínkám vysoké vlhkosti prostředí. Vzorky jsou při této zkoušce vystaveny trvalé kondenzaci vody, která ve formě atmosférické vlhkosti kondenzuje na povrchu zkušebních vzorků. Zkouška probíhá v klimatické komoře.

- ČSN EN ISO 16474-2 Nátěrové hmoty - Metoda vystavení laboratorním zdrojům světla - Část 2: Xenonové lampy

Tato metoda napodobuje účinky klimatu, k nimž dochází při vystavení materiálu dennímu světlu nebo dennímu světlu filtrovaného okenním sklem. K napodobení spektrálního složení denního světla v ultrafialové (UV) a viditelné oblasti spektra je použita xenonová lampa vybavená vhodnými filtry.

- ČSN EN ISO 16474-3 Nátěrové hmoty - Metody vystavení laboratorním zdrojům světla - Část 3: Fluorescenční UV lampy

Při této metodě jsou vzorky vystaveny světlu fluorescenční UV lampy. Během zkoušky mohou být vzorky kromě této lampy vystaveny působení vlhkosti ve formě kondenzace nebo postřiku vodou. Tato metoda má simulovat vystavení vzorků dennímu světlu nebo dennímu světlu přes okenní sklo. Oproti slunečnímu záření a záření xenonových lamp, fluorescenční UV lampa obsahuje pouze malý podíl viditelného a infračerveného záření. Od slunečního záření se také liší v tom, že povrch vzorku je ohříván prouděním teplého vzduchu kolem vzorku. Proto jsou také rozdíly teplot povrchu vzorku a vzduchu poměrně malé (menší než 2 °C).

- ČSN ISO 16474-4 Nátěrové hmoty - Metody vystavení laboratorním zdrojům světla - Část 4: Uhlíkové obloukové lampy s otevřeným plamenem

Tato norma popisuje zkoušku, kdy jsou vzorky vystaveny záření uhlíkové obloukové lampy (nebo i více lamp) s otevřeným plamenem v přítomnosti vlhkosti. Tyto lampy vyzařují ultrafialové, viditelné i infračervené záření. Cílem zkoušky je napodobit vliv

stárnutí při denním světle nebo při denním světle filtrovaném okenním sklem. Během zkoušky mohou být vzorky vystaveny i vlhkosti ve formě zkrápění nebo kondenzace.

Dále existuje **sada norem pro hodnocení degradace nátěrů** ČSN EN ISO 4628-1 až 8 a 10 Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu. Tyto normy jsou určeny k hodnocení defektů způsobených stárnutím a povětrnostními vlivy. Jednotlivé části poskytují obrazové standardy nebo jiné prostředky hodnocení konkrétních typů defektů. Pro hodnocení se používá číselná stupnice od 0 do 5. Nula znamená žádné defekty nebo změny. Sada norem obsahuje části určené pro vyhodnocování na dřevěném povrchu, ale v praxi se s nimi hodnotí povětšinou degradace kovových povrchů.

## **4.2 Rešerše experimentálních prací zabývajících se odolností NS vůči vnějším atmosférickým vlivům**

Primární funkcí nátěrových systémů je ochrana proti vnějším nepříznivým účinkům. V odolnosti nátěrových systémů vůči atmosférickým vlivům hraje velkou roli spousta faktorů. Každý faktor ovlivňuje odolnost jinak.

### **Faktory ovlivňující odolnost NS vůči povětrnosti**

Na odolnost NS má především vliv složení. Hlavní složkou NH je filmotvorná látka. Její složení může být velmi různorodé a ovlivňuje vlastnosti celé nátěrové látky. Také množství pigmentů velmi výrazně ovlivňuje odolnost NS. Nejodolnější jsou krycí nátěry s nejvyšším množstvím pigmentů, pak lazury a nejméně odolné vůči povětrnosti jsou transparentní nátěrové hmoty, které se do exteriéru nedoporučují. [32]

Také velký vliv na odolnost, má počet vrstev nátěru popř. tloušťka nátěru a vzájemná interakce mezi substrátem a filmotvornou složkou nátěrové hmoty. Z této interakce se nejvíce pozornosti věnuje procesu smáčení a adhezi na fázovém rozhraní dřeva s filmotvornou látkou, dále pak procesům doprovázejícím zasycháním nátěrových látek a procesům podmiňujícím tvorbu tuhého nátěrového filmu. Vzájemnou interakci může ovlivnit spousta vnějších i vnitřních činitelů. Z nich jsou nejdůležitější vlhkost a teplota dřeva. Při nadměrné vlhkosti dřeva může dojít ke snížení adhezních vlastností. Při změnách vlhkosti zase dřevo bobtná nebo sesychá a v nátěru tedy může dojít ke stavu napjatosti. [32]

## Vliv typu nátěrového systému a typu pojiva na odolnost

Na konci roku 1966 započal rozsáhlý Evropský výzkumný projekt s názvem „Arwood“ tento projekt zahrnovat deset výzkumných ústavů zabývajících se dřevo. Cílem projektu bylo vyvinout metodu umělého stárnutí pro stanovení trvanlivosti nátěrů na dřevo určených pro vnější použití. Tento projekt byl základem pro novou normu ČSN EN 927-6. Podkladem pro nátěry bylo dřevo borovice lesní. Po zoptimalizování cyklů této zrychlené zkoušky, byla otestována sada vzorků (viz. *Tabulka č. 2*). Z výsledků bylo patrné, že při hodnocení celkového vzhledu byl nejlepší nátěrový systém A. Systém D lépe uspěl ve zkouškách než systém C. I při posuzování trhlin dopadl nátěrový systém A nejlépe. U neošetřeného dřeva systému F byly patrné velké trhliny. [18]

*Tabulka č. 2: Použité nátěrové systémy při zrychlené zkoušce stárnutí projektu „Arwood“ [18]*

Nátěrový systém	A	B	C	D	F
Typ Nátěrové hmoty	Disperzní Krycí	Roztoková Krycí	Roztoková Lazura	Disperzní lazura	Neošetřeno
pojivo	Akrylátová	Alkydová	Alkydová	Akrylátová	-
Počet nátěrů	2	2	3	2	-
barva	Bílá	Bílá	Červeno-hnědá	Červeno-hnědá	-

Výsledky potvrdily, že odolnější jsou nátěrové hmoty krycí oproti lazurovacím a také že disperzní akrylátový nátěrový systém je lepší než alkydový roztokový, což se potvrdilo u krycích i lazurovacích systémů.

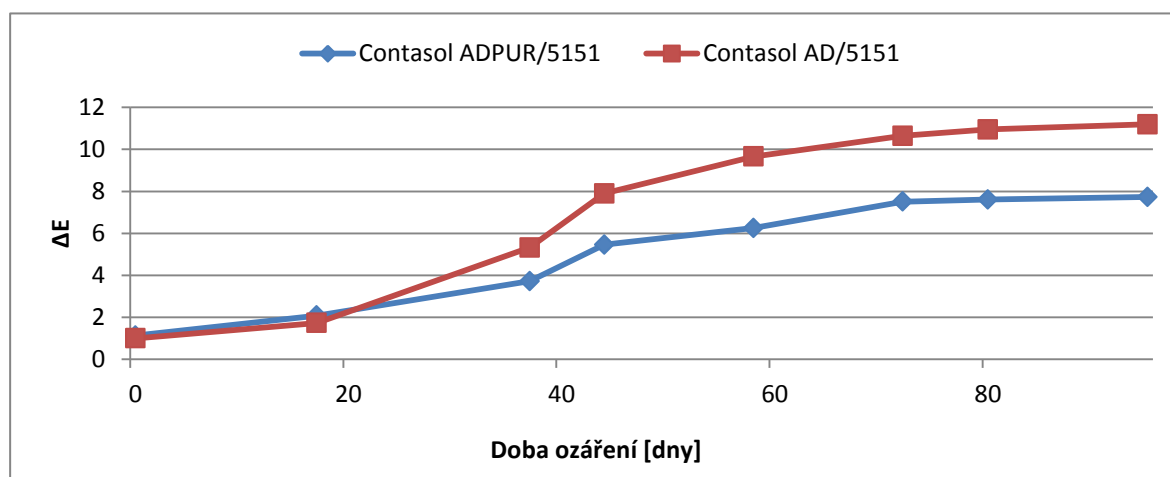
## Vliv pojivové báze na odolnost NH vůči UV záření

UV záření patří mezi hlavní povětrnostní degradační činitele dřeva. Proto je nutné dřevo chránit nátěrovými hmotami. U pigmentových NH chrání vůči UV záření pigment, do transparentních nátěrů jsou přidávány pro zajištění ochrany proti tomuto záření UV absorbéry. UV záření se dělí na UV-A, UV-B a UV-C. Největší polymerní degradaci způsobuje UV-B, kterého je v UV záření 5 %. Nejvíce podléhá degradaci lignin. Důsledkem degradace jsou pak barevné změny (zežloutnutí, zešednutí). [31]

Na 40. Mezinárodní konferenci o nátěrových hmotách byl prezentován výzkum vlivu typu pojivové báze na odolnost vůči povětrnosti a především UV záření. Porovnávána byla vodou ředitelná akryl-polyuretanová nátěrová hmota (Contasol ADPUR/5151) s vodou ředitelnou akrylátovou nátěrovou hmotou (Contasol AD/5151). Barevné změny byly zjišťovány pomocí spektrofotometru BYK Spectro-guide. Z tohoto výzkumu byly vybrány pouze hodnoty pro smrkový podklad, který bude použit i v experimentální části této diplomové práce. Vzorky byly podrobeny zkouškám ČSN EN 927-3, ČSN EN 927-6 a ČSN EN ISO 11341. Výsledky jsou v *Tabulka č. 3* a *Tabulka č. 4*. [31]

*Tabulka č. 3: Srovnání nátěrových systémů v exteriéru [31]*

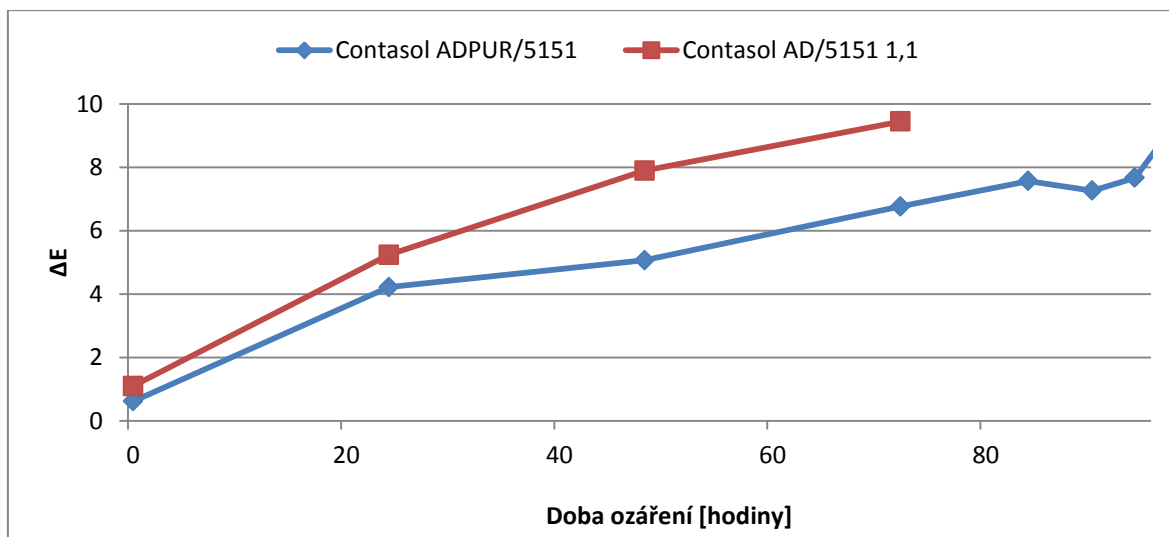
NS	Doba ozáření [dny]							
	0	17	37	44	58	72	80	95
Contasol ADPUR/5151	1,13	2,08	3,72	5,46	6,25	7,51	7,61	7,73
Contasol AD/5151	1,00	1,73	5,32	7,9	9,66	10,64	10,95	11,19



*Graf č. 1: Srovnání nátěrových systémů v exteriéru*

*Tabulka č. 4: Srovnání nátěrových systémů vystavených expozici v přístroji Q-sun [31]*

NS	Doba ozáření [hodiny]										
	0	24	48	72	84		90		94	96	
Contasol ADPUR/5151				0,62	4,22	5,07	6,77	7,57	7,27	7,67	8,57
Contasol AD/5151				1,1	5,24	7,9	9,45				



Graf č. 2: Srovnání nátěrových systémů vystavených expozici v přístroji Q-sun

Z obou těchto grafů je patrné, že vodou ředitelná akryl-polyuretanová nátěrová hmota (Contasol ADPUR/5151) je prokazatelně mnohem odolnější než vodou ředitelná akrylátová NH (Contasol AD/5151). Lepší odolnost Contasol ADPUR/5151 vůči povětrnosti i UV záření se prokázala nejen ve zkoušce přirozeného stárnutí venku, ale i na vzorcích vystavených expozici v přístroji Q-sun. Lze tedy říci, že spojením více pojiv může dojít ke zlepšení vlastností nátěrových systémů. V experimentu se potvrdilo, že typ pojiva má vliv na odolnost nátěrových systémů.

### Indikátor životnosti nátěrových systémů – přilnavost k povrchu

Přilnavost u nátěrových hmot je neméně důležitou vlastností. Přilnavost závisí na povrchu, aplikačních vlastnostech nátěrové látky, pórovitosti i na vnitřním pnutí tvořícím se v nátěrových hmotách. Přilnavost nátěrového systému má vliv na životnost i odolnost nátěrového systému. V rámci 40. Mezinárodní konference o nátěrových hmotách byly prezentovány výsledky výzkumu přilnavosti povlaku k dřevu a souvislosti životnosti a přilnavosti. [29]

Na vzorcích byla zkoušena měrná přilnavost nátěrů dle STN EN 24624. Při této zkoušce se zjišťuje síla potřebná k odtržení nátěru od plošné jednotky podkladu. Na vzorky z bukového dřeva byly nástřikem nanесeny 3 vrstvy nátěrového systému. Byly použity tyto nátěrové systémy: rozpouštědlový polyuretanový lak (PUR), nitrocelulózový lak (CN), vodou ředitelný polyakrylátový lak (VR) a lak na bázi přírodních olejů a vosků (WO). Od každého nátěrového systému bylo vytvořeno 30 vzorků. Naměřené hodnoty jsou v *Tabulce č. 5*. [29]

*Tabulka č. 5: Průměrné hodnoty měrné přilnavosti pro jednotlivé soubory zkušebních těles [29]*

Nátěrová látka	$\tau$ [MPa]	$S_n$ [MPa]	Druh poškození
VR	3,751	0,372	V podkladě
CN	3,021	0,348	V nátěru
PUR	4,581	0,797	V podkladě
WO	2,627	0,554	V nátěru

Při mechanickém namáhání dochází za normálních okolností k porušení v nátěru nebo v podkladu ne na rozhraní dřeva a podkladu. K poškození zkušebních těles s NS VR a PUR došlo v podkladu, což dokazuje jejich výbornou adhezi k povrchu. U zbylých dvou došlo k poškození v nátěru. Z výsledků je patrné, že nejlepší přilnavosti bylo dosaženo u polyuretanových rozpouštědlových nátěrových látek. O něco menší přilnavost měl vodouředitelný polyakrylátový nátěrový systém a ještě o něco menší nitrocelulózový NS.

#### 4.2.1 Shrnutí rešerše

Na odolnost nátěrového systému má velký vliv složení nátěrové hmoty. Z výše uvedeným rešerší vyplývá, že Na odolnost nátěrového systému má velký vliv složení nátěrové hmoty. Z výše uvedených rešerší vyplývá, že při zkoušce umělého stárnutí byly odolnější nátěrové hmoty krycí oproti lazurovacím a také že disperzní akrylátový nátěrový systém je lepší než alkydový roztokový, což se potvrdilo u krycích i lazurovacích systémů. Z dalšího výzkumu bylo patrné, že kombinací pojiv (např. akryl-polyuretanové pojivo) lze dosáhnout lepší odolnosti NS vůči povětrnosti než u NS s jedním typem pojiva.

Dalším důležitým faktorem ovlivňujícím trvanlivost nátěrového systému je přilnavost k povrchu. V této zkoušce nejlépe uspěl rozpouštědlový polyuretanový lak, druhý nejlepší byl vodou ředitelný polyakrylátový lak. U obou těchto nátěrů došlo vlivem mechanického namáhání k porušení v pokladu. Polyuretanový a polyakrylátový lak má tedy velmi dobrou přilnavost k podkladu. V rešerších byl potvrzen vliv pojiva na odolnost nátěrových systémů.



## EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 5 Cíl práce

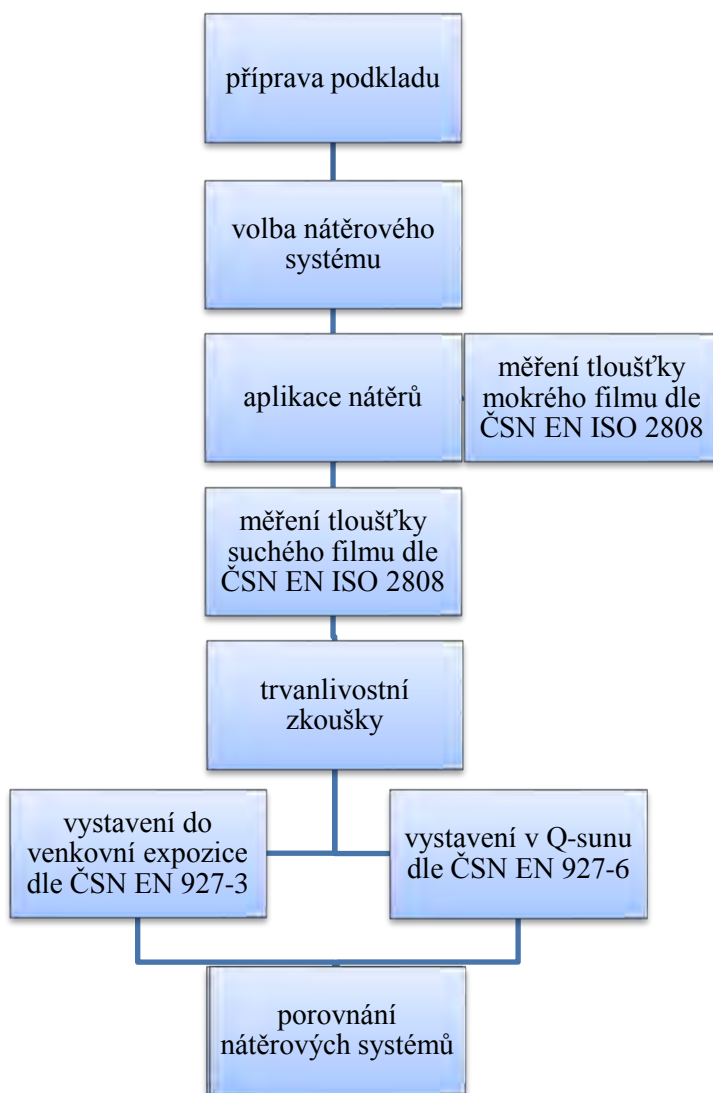
Dřevo je přírodní, ekologický materiál, který však není příliš odolný vůči biotickým a abiotickým činitelům. Jeho odolnost a trvanlivost lze zlepšit vhodnou volbou nátěrového systému.

Experimentální část se bude zabývat trvanlivostí a odolností vůči povětrnostním činitelům u nátěrových systémů na dřevo určených do vnějšího prostředí. Cílem je zjistit, zda pojivová báze nátěrových systémů ovlivňuje odolnost proti povětrnostním vlivům a které typy nátěrových systémů mají lepší odolnost. U nátěrových systémů bude porovnán také vliv počtu vrstev. Z pojivových bází budou posuzovány ve vnější expozici často užívaná akrylátová a alkydová pojiva. Z typů nátěrových hmot se bude jednat o disperzní (disperze polymerních částic většinou ve vodním roztoku) a roztokové (těkavou složkou jsou organická rozpouštědla či ředidla a pojivem jsou syntetické polymery). A dále budou pozorovány rozdíly v trvanlivosti nátěrových systémů krycích a lazurovacích. Porovnání bude probíhat dle příslušných norem. Posouzení proběhne na vzorcích vystavených přímé venkovní expozici i na vzorcích vystavených krátkodobému zrychlenému testu v přístroji Q-sun. Vzorky budou posuzovány s ohledem na změnu barevného odstínu. V této práci bude porovnáno několik nátěrových systémů.

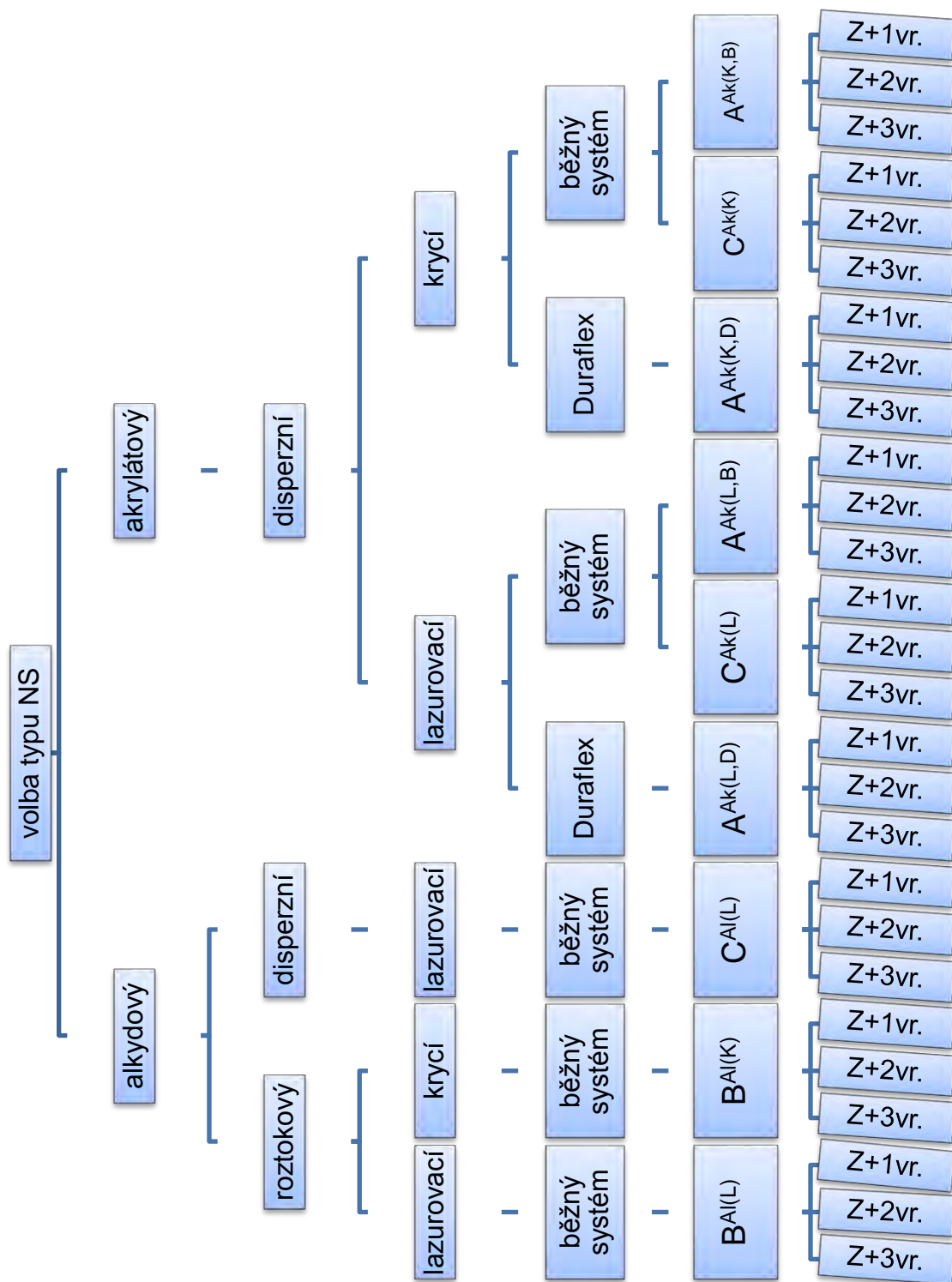
Výsledkem mé práce by mělo být, zda a jak moc ovlivňuje typ nátěrového systému, pojivová složka a počet vrstev nátěrových hmot trvanlivost a odolnost nátěrového systému vůči povětrnosti.

## 6 Metodika práce

Nejprve je potřeba si zvolit a připravit vhodný podklad pod nátěrové systémy. Dále budou zvoleny nátěrové systémy tak, aby je později bylo možné mezi sebou porovnat (viz. *Obrázek č. 3*). Nátěrový systém se řídí podle vrchní nátěrové hmoty. Ta musí být určena pro exteriér a pro srovnatelnost musí mít nátěrové hmoty podobný barevný odstín, lesk popř. pololesk a umožňovat aplikaci nástřikem. Základová nátěrová hmota bude použita dle doporučení v technickém listě. Během aplikace bude na vzorcích měřena tloušťka mokrého filmu dle ČSN EN ISO 2808, po zaschnutí tloušťka suchého filmu také dle ČSN EN ISO 2808. Poté by měly být vzorky vystaveny venkovní expozici dle normy ČSN EN 927-3 a zrychlené povětrnostní zkoušce dle normy ČSN EN 927-6. Výsledkem by mělo být porovnání různých nátěrových systémů na základě změny barevnosti v průběhu přirozeného a umělého stárnutí.



Obrázek č. 2: Schéma metodiky práce



Obrázek č. 3: Grafické znázornění volených typů nátěrových systémů

## 6.1 Příprava dřevěných vzorků pro nátěrové systémy

Za podkladní dřevinu pro všechny typy NS bylo zvoleno dřevo smrkové dřevo (*Picea abies*), které se pro svou dostupnost velmi často používá i pro exteriérové aplikace, např. pro výrobu lepených okenních rámců. Vzorky lišt o jednotné tloušťce 5 mm byly nařezány na rozměry 54×100 mm a následně byly opracovány brusným papírem. Při volbě brusného papíru byla dodržována hrubost uvedená v technických listech výrobců jednotlivých nátěrových hmot, kompletní seznam je uveden v následující *Tabulka č. 6*. U nátěrových hmot od firmy Sikkens nebyla požadována úprava brusným papírem. Poté byly vzorky očištěny od prachu. Všechny nátěrové hmoty byly aplikovány na suchý, od prachu očištěný a nemastný povrch. Vlhkost dřeva před nanášením by měla být okolo 12%.

*Tabulka č. 6: Volba brusného papíru pro úpravu dřevěného povrchu*

Vrchní nátěrová hmota	Základní nátěrová hmota	Číslo brusného papíru dle technického listu	Číslo použitého brusného papíru
SOKRATES Colour	Primer Alkyd	120 – 150	150
SOKRATES Lazura silnovrstvá	SOKRATES Special	120 – 150	150
SOKRATES Lazurit PLUS	Lazurit FORTE	60 – 80	80
PROFI OKNO S2082	Bez základu	Neuvádí	220
PROFI LAZURA S1025	Bez základu	Neuvádí	220

## 6.2 Volba a aplikace nátěrového systému

Všechny vrchní nátěrové hmoty byly voleny tak, aby měly přibližně stejný barevný odstín (světlý kaštan). Bylo však obtížné dosáhnout u všech nátěrových hmot stejného barevného odstínu. Někteří výrobci nevyrábí barevný odstín světlý kaštan, používají toto označení pro jiné barevné odstíny nebo mají jiné značení a tak bylo možné pouze odhadovat podobný odstín. Dalšími kritérii bylo, aby byla zvolena lesklá varianta a NS byl určen do vnějšího prostředí aplikací nástřikem. Aplikace nástřikem byla zvolena z důvodu rovnoměrnějšího rozložení nátěru na podklad než je dosaženo štětcem. U některých nátěrových hmot se nepodařilo dodržet požadavek lesku, nátěr SOKRATES Colour je pouze pololesklý a nátěry Rubbol WF 382 a Rubbol WF 380 hedvábně matné.

Při volbě poměru ředění, teploty i vlhkosti při nástřiku i během schnutí, použitého množství a době schnutí vrchních i základních nátěrových hmot byly rozhodující údaje v technických listech. Průměrná teplota při nástřiku byla 18 – 23°C a průměrná vlhkost 65%, při schnutí většinou 23°C a vlhkost 50%. Pokud nebyla uvedena požadovaná tloušťka mokrého filmu, bylo z vydatnosti spočítáno potřebné množství nátěru na danou plochu. U každého nátěru bylo provedeno měření mokrého filmu šestiúhelníkovým měřicím hřebem dle ČSN EN ISO 2808.

Celkem bylo vytvořeno 18 vzorků od každého nátěru. Schéma značení jednotlivých vzorků je patrné v následující *Tabulka č. 7*.

*Tabulka č. 7: Číselné značení vzorků*

Počet vrstev	Základní /Z/+ 1×Vrchní /V/	Základní /Z/+ 2×Vrchní /V/	Základní /Z/+ 3×Vrchní /V/
Počet zkoušených vzorků	1-6	7-12	13-18

Přehled použitých základních vrstev a vrchních vrstev je uveden v *Tabulka č. 8*. Všechny vzorky byly pečlivě popsány a označeny a to písmenem uvádějícím typ nátěrového systému a dále číslem.

*Tabulka č. 8: Zvolené nátěrové hmoty a jejich označení*

Výrobce	Základní vrstva	Vrchní vrstva	Ozn.
AkzoNobel	Rubbol WP 194	Rubbol WF 382	A <sup>Ak(K,D)</sup>
	Rubbol WP 194	Rubbol WF 380	A <sup>Ak(K,B)</sup>
	Cetol WP 566	Cetol WF 957	A <sup>Ak(L,D)</sup>
	Cetol WP 566	Cetol WF 965	A <sup>Ak(L,B)</sup>
Colorlak	Bez základu	PROFI OKNO S2082	B <sup>Al(K)</sup>
	Bez základu	Profi Lazura S1025	B <sup>Al(L)</sup>
Sokrates	Primer Alkyd	SOKRATES Colour	C <sup>Ak(K)</sup>
	SOKRATES Special	SOKRATES Lazura silnovrstvá	C <sup>Ak(L)</sup>
	Lazurit FORTE	SOKRATES Lazurit PLUS	C <sup>Al(L)</sup>

### **Základní vrstva:**

Na povrch dřeva byla aplikována základní vrstva, pokud se tedy nejednalo o nátěrové systémy bez základu. Mezi bez základové NS patří nátěrové systémy s vrchní vrstvou PROFI OKNO S2082 a PROFI LAZUROU S1025. Základní vrstvy a množství NS byly voleny s ohledem na doporučení, jež výrobce uvedl v technickém listě. U základních nátěrových hmot byla aplikována vždy jedna vrstva, jedno máčení nebo jeden nátěr štětcem. Požadované a skutečné spotřeby NH, ředění a tloušťky mokrého filmu jsou v *Tabulka č. 9*. Základní vrstva byla povětšinou nanášena nástřikem. Výjimku tvořil pouze Lazurit FORTE aplikovaný štětcem a Rubbol WP 194 s Cetolem WP 566, jež byly aplikovány máčením.

*Tabulka č. 9: Požadovaná a skutečná spotřeba, ředění a tloušťka mokrého filmu u základních vrstev nátěrových systémů*

Ozn.	Základní vrstva	Ředění [%]	Ředidlo	Požadovaná spotřeba [ml/m <sup>2</sup> ]	Skutečná spotřeba [ml/m <sup>2</sup> ]	Tloušťka mokrého filmu [μm]
A <sup>Ak(K,D)</sup>	Rubbol WP 194	17	Voda	50-160	160	100
A <sup>Ak(K,B)</sup>	Rubbol WP 194	17	Voda		160	125
A <sup>Ak(L,D)</sup>	Cetol WP 566	Neředěno	Voda		160	125
A <sup>Ak(L,B)</sup>	Cetol WP 566	Neředěno	Voda		130	75
B <sup>Al(K)</sup>	Bez základu	-	S6001	-	-	-
B <sup>Al(L)</sup>	Bez základu	-	S6006	-	-	-
C <sup>Ak(K)</sup>	Primer Alkyd	4	Voda	68-114	110	110
C <sup>Ak(L)</sup>	SOKRATES Special	Neředěno	Voda	99-118	120	150
C <sup>Al(L)</sup>	Lazurit FORTE	Neředěno	Voda	71-95	100	80

### **Vrchní vrstva:**

Na základní vrstvu byla dále nanášena nástřikem vrchní vrstva. Některé vrchní nátěrové hmoty bylo před nanášením další vrstvy nutno přebrousit. Po každé vrstvě PROFI LAZURY S1025 došlo k přebroušení nátěrové hmoty brusným papírem č. 220. I po nanesení některých základních vrstev byly vzorky před nanášením vrchní nátěrové hmoty přebroušeny. Po základní vrstvě Primer Alkydu došlo k přebroušení brusným papírem č.

150. Základní nátěrová hmota SOKRATES Special byla také po zaschnutí přebroušena brusným papírem č. 150 a stejně tak i základní vrstva Lazurit FORTE č. 100. Požadované a skutečné spotřeby NH, ředění a tloušťky mokrého filmu jsou v *Tabulka č. 10*. Spotřeba je uváděna na jeden nátěr.

*Tabulka č. 10: Požadovaná a skutečná spotřeba, ředění a tloušťka mokrého filmu u vrchních vrstev nátěrových systémů*

Ozn.	Vrchní vrstva	Ředění [%]	Ředidlo	Požadovaná spotřeba [ml/m <sup>2</sup> ]	Skutečná průměrná spotřeba [ml/m <sup>2</sup> ]	Tloušťka mokrého filmu [μm]		
						1 vr.	2 vr.	3 vr.
A <sup>Ak(K,D)</sup>	Rubbol WF 382	5	Voda	150-300	300	300	-	-
A <sup>Ak(K,B)</sup>	Rubbol WF 380	5	Voda		310	300	-	-
A <sup>Ak(L,D)</sup>	Cetol WF 957	5	Voda		290	300	-	-
A <sup>Ak(L,B)</sup>	Cetol WF 965	5	Voda		290	300	-	-
B <sup>Al(K)</sup>	PROFI OKNO S2082	10	S6001	67-78	80	75	75	75
B <sup>Al(L)</sup>	Profi Lazura S1025	Neředěno	S6006	83	90	75	75	75
C <sup>Ak(K)</sup>	SOKRATES Colour	7	Voda	74 – 93	90	100	100	100
C <sup>Ak(L)</sup>	SOKRATES Lazura silnovrstvá	5	Voda	81 – 95	100	150	150	150
C <sup>Al(L)</sup>	SOKRATES Lazurit PLUS	Neředěno	Voda	83-97	100	100	100	100

### 6.3 Použité nátěrové systémy

V následujících tabulkách je seznam základních a vrchních nátěrových hmot jejich složení a doba zasychání před nanesením dalšího nátěru. U vrchních nátěrových hmot je i doporučený počet vrstev uvedených výrobcí v technických listech. U základních nátěrových hmot byla nanášena jedna vrstva, proto zde počet vrstev není uveden.

*Tabulka č. 11: Složení a základní informace z technických listů o základních nátěrových hmotách*

Vrchní nátěrová hmota	Složení	Další nátěr [h]
Rubbol WP 194	- typ pojiva: kombinace akrylových a alkydových pryskyřic - pigmentová báze: titandioxid	4-6
Cetol WP 566	- typ pojiva: kombinace akrylových a alkydových pryskyřic - pigmentová báze: lazurové pigmenty	4-6
Primer Alkyd	Vodouředitelné alkydové pojivo, anorganické pigmenty, plniva a aditiva	6-10
SOKRATES Special	Vodouředitelný hybridní alkyd s přísadou speciálních aditiv, fungicidních a insekticidních látek	6-8
Lazurit FORTE	Směs transparentních oxidů železa ve vodné emulzi modifikovaného lněného oleje s přísadou speciálních aditiv, fungicidních a insekticidních látek, obsahuje UV filtr	24-48

*Tabulka č. 12: Složení a základní informace z technických listů o vrchních nátěrových hmotách*

Vrchní nátěrová hmota	Složení	Doporučený počet vrstev	Další nátěr [h]
Rubbol WF 382	- typ pojiva: čistě akrylátová disperze - pigmentová báze: titandioxid a organické a anorganické pigmenty	1	4-6
Rubbol WF 380	- typ pojiva: čistě akrylátová disperze - pigmentová báze: titandioxid a organické a anorganické pigmenty	1	4-6
Cetol WF 957	- typ pojiva: čistě akrylátová disperze	1	4-6
Cetol WF 965	- typ pojiva: čistě akrylátová disperze	1	4-6



<b>Vrchní nátěrová hmota</b>	<b>Složení</b>	<b>Doporučený počet vrstev</b>	<b>Další nátěr [h]</b>
PROFI OKNO S2082	Disperze organických a anorganických pigmentů v roztoku speciálních alkydových pryskyřic a organických rozpouštědel s přísadou sušidel a aditiv	2-3	8-24
PROFI LAZURA S1025	Roztok alkydových pryskyřic a modifikovaných olejů v organických rozpouštědlech s přísadou disperzí anorganických pigmentů, aditiv a sikativ	2-3	do 24
SOKRATES Colour	Disperze pigmentů a plniv ve vodné disperzi akrylového polymeru s přísadou speciálních aditiv a konzervačních látek	2-3	6-8
SOKRATES Lazura silnovrstvá	Směs transparentních oxidů železa ve vodné kopolymerní disperzi s přísadou speciálních aditiv, polyethylenových vosků, UV filtru a stabilizátoru flexibility	1-2	6-8
SOKRATES Lazurit PLUS	Směs transparentních oxidů železa ve vodné emulzi hybridního alkydu s přísadou speciálních aditiv, fungicidních a insekticidních látek, UV filtru, stabilizátoru flexibility a vosků	2	8-12

### Technologie Duraflex

Duraflex je systém povrchových úprav značky Sikkens Wood Coatings. Mezi výhody tohoto systému patří dlouhodobá pružnost při výkyvech teploty, vysoká odolnost proti povětrnostním vlivům, velmi dobrá přilnavost, optimální stálost, přizpůsobivost dřevěnému podkladu, vysoká a dlouhodobá ochrana proti UV záření, velmi dobrá ochrana proti vlhkosti a dobrá rázová houževnatost proti vzniku vlasových trhlin. Stálorozměrové dřevěné stavební díly musí dle směrnice HO.03 vykazovat pevnost v tahu při prodloužení o více než 20 procent. Tato povrchová úprava vykazuje nadprůměrnou pevnost v tahu (200 procent) při prodloužení a je tedy schopna reagovat na bobtnání, sesychání i na další menší deformace dřeva bez vzniku trhlin. Je tedy vhodná například pro dřevěná okna. [3]

## 6.4 Měření tloušťky suchého filmu

Měření tloušťky suchého filmu probíhalo v souladu s normou ČSN EN ISO 2808. „*Tloušťka suchého filmu je tloušťka nátěru zbývající na povrchu po vytvrzení povlaku.*“ [17] Metod měření tloušťky suchého filmu je hned několik. Například zjištění z rozdílu tloušťky, měření hloubky průniku, z rozdílu hmotností, magnetická indukční metoda a další.

Pro zkoušení vzorků s dřevěným podkladem byla zvolena nedestruktivní metoda akustická. Tato metoda stanovuje tloušťku podle šíření ultrazvukového signálu v povlaku a je vhodná pro všechny kombinace povlak-podklad. Při měření je nutné si dát pozor na nehomogenity v povlaku a podkladu, které mohou ovlivnit výsledky měření. Před měřením se na povlak nanese vazebné prostředí a poté se přiloží sonda přístroje. Přístroj se skládá z vysílače a přijímače, který přijímá zpětně odražené signály. Měření proběhlo na všech vzorcích.

Pro kontrolu bylo provedeno ještě měření tloušťky suchého filmu destruktivní optickou metodou příčného řezu taktéž dle ČSN EN ISO 2808. Ve sporných případech je tato metoda uznávána za metodu rozhodčí. I tato metoda je vhodná pro všechny kombinace povlak-podklad. Před měřením bylo nejprve nutné připravit ze vzorku řez v rovině kolmé na povlak. Řez byl veden velmi ostrým nožem. Snaha byla získat co nejtenčí vzorek. Vzorek byl následně položen na skličko a byl pozorován v procházejícím světle mikroskopu. A pomocí počítačového programu byla zjištěna tloušťka nátěrového systému. Měření kvůli časové náročnosti proběhlo pouze na vybraných vzorcích.

## 6.5 Zkouška přirozeného stárnutí nátěrových hmot ve venkovní expozici

Zkouška probíhala dle normy ČSN EN 927-3. Tato norma testuje odolnost nátěrových systémů na dřevo vůči povětrnostním vlivům. Zkouška trvá 12 měsíců. Jako dřevěný podklad norma doporučuje bělové dřevo borovice lesní ze zadní strany neošetřené, avšak nevylučuje ani další druhy dřev. Pro výrobu okenních rámců se nejčastěji užívá smrkové dřevo a z tohoto důvodu a také díky jeho lepší dostupnosti bylo jako podklad pod nátěrové systémy zvoleno dřevo smrkové. Dřevo musí být bez suků, prasklin a pryskyřičných pruhů a vytemperováno na teplotu  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$  a relativní vlhkost vzduchu  $(65 \pm 5) \%$  a relativní vlhkost dřeva  $(13 \pm 2) \%$ . Sklon letokruhů k ploše by měl být  $5^\circ$  až  $45^\circ$ . Před samotnou expozicí byla změřena tloušťka mokrého filmu po každé aplikaci nátěrové

hmoty dle normy ČSN EN ISO 2808 i tloušťka suchého filmu také podle normy ČSN EN ISO 2808.

Zkušební stojan byl navržen a zkonstruován dle požadavků normy ČSN EN ISO 2810. Všechny vzorky tedy byly volně přístupné k působení ovzduší, ale zároveň umístěny tak, aby dešťová voda nestékala z jednoho vzorku na druhý. Stojan byl umístěn ve městě Brně v areálu Centra AdMaS Fakulty stavební VUT a proti větru zajištěn kotvami zaraženými do země. Stojan byl zkonstruován tak, aby všechny vzorky byly upevněny v minimální výšce 0,45 m nad zemí, aby nedocházelo ke kontaktu s vegetací a situován tak, aby na něj nedopadal žádný stín. Vzorky byly umístěny horizontálně pod úhlem 45° na travnatou plochu na jih (směrem k rovníku).

V rámci pozorování byly zaznamenávány klimatické podmínky, jimž musely vzorky čelit. Dále byly vzorky jednou měsíčně, vždy po očištění a několikaenním vytemperování v laboratorních podmínkách při teplotě  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  a relativní vlhkosti vzduchu  $65\pm 5\%$ , změřeny spektrofotometrem, aby bylo možné později vyhodnotit změnu barevného odstínu v čase. Vzorky byly změřeny spektrofotometrem také před expozicí. Měřeno bylo systémem SCI, jak udává norma. Změna barevného odstínu byla vypočtena dle normy ČSN EN ISO 11664-4 ze soustavy CIE 1976.



*Obrázek č. 4: Vzorky ve venkovní expozici*

## 6.6 Zkouška umělého stárnutí nátěrových hmot pro vnější expozici

Jedná se o zrychlenou zkoušku, která z velké části probíhala dle normy ČSN EN 927-6. V této normě je simulováno stárnutí za použití fluorescenční UV lampy, kondenzace nebo vodního paprsku během určité doby nebo při dosažení určitých změn vlastností.

Zkušební podklad byl stejný jako při zkoušce přirozeného stárnutí. I na těchto vzorcích bylo provedeno měření tloušťky suchého i mokrého filmu v souladu s normou ČSN EN ISO 2808. Při provádění zkoušky byl použit přístroj Q-sun s denními filtry, jež simulují sluneční záření. Cyklus byl nastaven dle výše uvedené normy (viz. *Tabulka č. 13*). Zkouška doporučuje 12 cyklů (2016 h neboli 12 týdnů). Jeden cyklus je 168 h (1 týden). Po každém cyklu byly vzorky ponechány několik dní v laboratorních podmínkách kvůli vytemperování, změřeny spektrofotometrem a přeskládány, tak aby se neustále postupně posouvaly o několik míst. Vzorky byly změřeny spektrofotometrem také před expozicí. Měřeno bylo systémem SCI. Změna barevného odstínu byla vypočtena dle normy ČSN EN ISO 11664-4 ze soustavy CIE 1976.

*Tabulka č. 13: Expoziční cykly zkoušky umělého stárnutí nátěrových hmot*

Krok	Funkce	Teplota	Čas	Podmínky
1	Kondenzace	(45±3) °C	24 h	
2	Opakování kroku 3 a 4		144 h (48 x 3h krok 3 a 4	
3	UV	(60±3) °C	2,5 h	0,89 W/(m <sup>2</sup> nm) 340 nm
4	Kropení vodou		0,5 h	6 – 7 l/min

## 6.7 Výpočet změny barevného odstínu

Změna barevného odstínu byla vypočtena dle normy ČSN EN ISO 11664-4 ze soustavy CIELAB z roku 1976 neboli CIE 1976 L\*a\*b\*. Tento trojrozměrný barevný prostor je udáván vzájemně kolmými osami L\*(CIELAB světlost), a\* a b\* (CIELAB souřadnice).

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

$\Delta E^*_{ab}$  – CIELAB barevný rozdíl

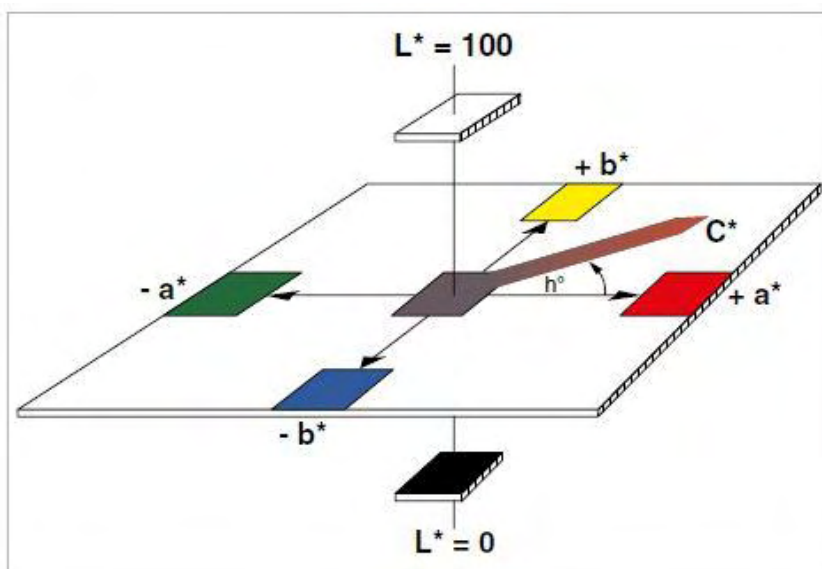
$\Delta L^*$  - CIELAB rozdíl světlosti

$$\Delta L^* = L^*_1 - L^*_0$$

$\Delta a^*, \Delta b^*$  - CIELAB  $a^*, b^*$  rozdíl

$$\Delta a^* = a^*_1 - a^*_0,$$

$$\Delta b^* = b^*_1 - b^*_0$$



Obrázek č. 5: CIELAB systém [7]

## 6.8 Použité přístroje a zařízení

### PosiTector 200 model Advanced

Jedná se o ruční přístroj založený na ultrazvukové technologii a určený pro nedestruktivní měření tloušťky nátěrových hmot na dřevěných, plastových, betonových a jiných nekovových podkladech. PosiTector je velmi odolný. Funguje na tomto principu: sonda vysílá vysokofrekvenční signál do nátěru, signál se odráží od povrchu s jinou hustotou. Měří se čas, za který signál projde nátěrem k podkladu a zpět. Tento čas se pak vydělí dvěma a vynásobí materiálovou konstantou, což je rychlost šíření ultrazvukových vln v měřeném materiálu. K zajištění průchodu ultrazvukových vln mezi ultrazvukovou sondou a materiálem se používá gel, který odstraní vzduchovou vrstvu, která brání vytvoření dokonalé akustické vazby. Přístroj vyhovuje požadavkům ASTM D6132 a ISO 2808 a lze s ním měřit celkovou tloušťku nátěru nebo jednotlivé vrstvy nátěru. [5] [6]



*Obrázek č. 6: PosiTector 200*

### CM-600d Spectrophotometer

Spektrofotometr se užívá k vyhodnocení barvy a vzhledu různých vzorků střední až velké velikosti. Jedná se o lehký a plně přenosný, bezdrátový přístroj vybavený barevným displejem. Měření probíhá v rámci viditelného spektra vlnových délek od 400 do 700 nm. Spektrofotometr zaznamenává intenzitu dopadajícího světla a určuje závislost intenzity záření na vlnové délce. Řadí se mezi vysoce přesné a spolehlivé přístroje. Je vybaven pozorovacím systémem SCI (specular component included) i SCE (specular component excluded). Systém SCI měří „skutečnou“ barvu a zahrnuje zrcadlové i odražené rozptýlené světlo. Systém SCE měří vzhled barev a nezahrnuje odražené světlo. Tento systém je citlivý na stav povrchu. Průměr dotykové plochy s povrchem je 4 cm. Doba měření je asi 1 s a interval mezi měřeními cca 2 s. Přístroj využívá jako světelný zdroj pulzní xenonovou výbojku (s UV filtrem). Paměť přístroje umožňuje až 4000 naměřených hodnot nebo 1000 naměřených standardů a diferencí. Velikost přístroje je 73 x 211,5 x 107 mm. Lze s ním pracovat při teplotě 5 až 40 °C a relativní vlhkosti 80% a méně (35%) pokud nedochází ke kondenzaci. Často je využíván pro kontrolu kvality barevného odstínu. [8] [21]



*Obrázek č. 7: Spectrophotometers CM-600d*

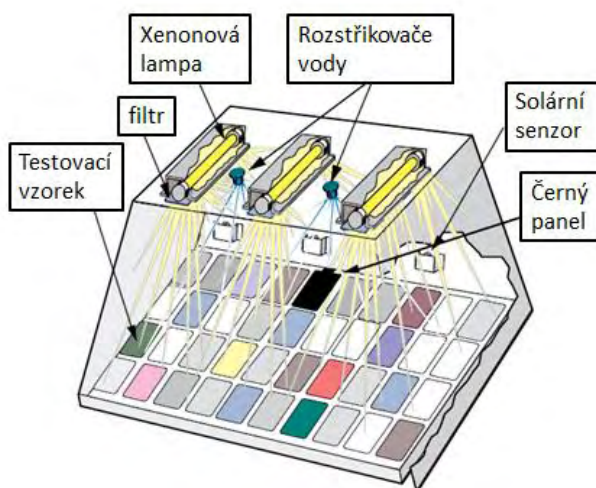


## Q-SUN XE3HS

Tento přístroj pomocí tří xenonových výbojek chlazených vzduchem napodobuje kompletní světelné spektrum slunečního záření dopadající na zemský povrch. Procházející světlo se dá nastavit filtry o různých počátečních propouštěcích délkách. Rozdíly ve spektrech mohou mít vliv na rychlost a typ degradace. Denními filtry se většinou testují materiály pro venkovní použití. Dále lze použít filtry produkující spektra odpovídající slunečnímu záření procházejícímu okenním sklem. Ty se používají pro testování vnitřních materiálů. Přístroj vlivem umělého slunečního záření a popř. uměle vytvořeného deště urychluje stárnutí materiálů. Přístroj má k dispozici zkušební plochu o velikosti 3240 cm<sup>2</sup>. Na tuto plochu je možné umístit vzorky různých tvarů a velikostí včetně trojrozměrných dílů. Lze zde regulovat teplotu černého panelu i teplotu komory a relativní vlhkost vzduchu. Postřikem vzorků demineralizovanou vodou je možné napodobit déšť. Lampy mají životnost 1500 hodin. [9] [10]



Obrázek č. 8: Q-SUN XE3HS

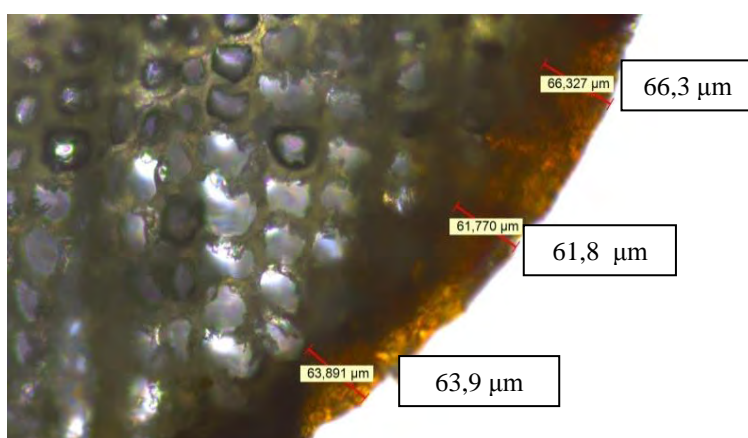


Obrázek č. 9: Q-SUN XE3 – zkušební komora [10]

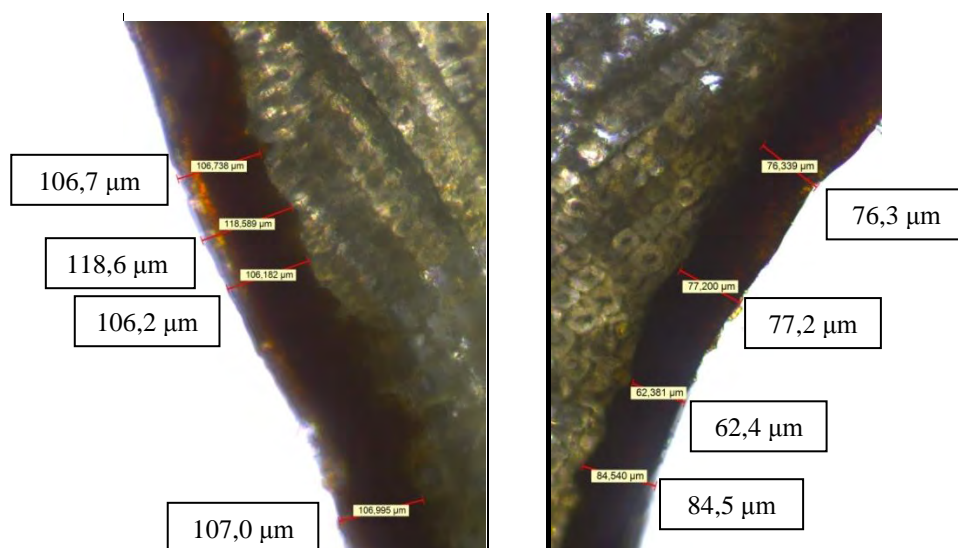
## 7 Výsledky zkoušek

### 7.1 Měření tloušťky suchého filmu

Měření tloušťky suchého filmu akustickou metodou proběhlo na všech vzorcích ve třech místech. Poté byly tyto hodnoty zprůměrovány. Tabulka se všemi naměřenými hodnotami a vypočítanými průměry je v příloze č. 1. Pro kontrolu bylo na vzorcích  $C^{Al(L)} 1$ , 7 a 13 provedeno měření tloušťky suchého filmu destruktivní optickou metodou příčného řezu. Metoda měření tloušťky filmu optickou metodou je velmi přesná. Proto byla zvolena pro srovnání a ověření hodnot získaných akustickou metodou.

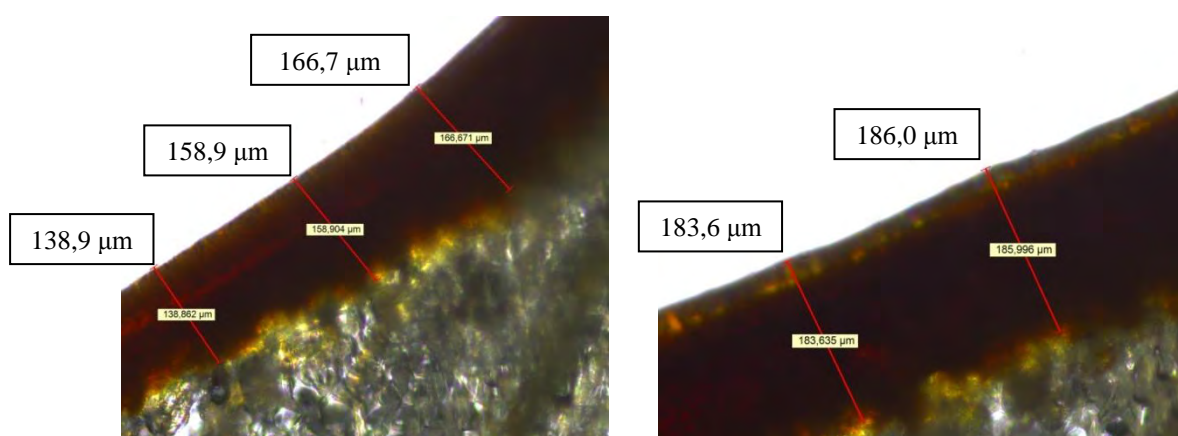


Obrázek č. 10: Snímek vzorku  $C^{Al(L)} 1$  se změřenými tloušťkami NS, 100x zvětšeno



Obrázek č. 11: Snímky vzorku  $C^{Al(L)} 7$  se změřenými tloušťkami NS, 100x zvětšeno





Obrázek č. 12: Snímky vzorku  $C^{Al(L)} 13$  se změřenými tloušťkami NS, 100x zvětšeno

Z tabulky porovnaných naměřených hodnot je patrné, že naměřené průměrné tloušťky různými metodami se od sebe výrazně neliší. Bylo tedy ověřeno, že všechny hodnoty suchého NS jsou reálné.

Tabulka č. 14: Porovnání naměřených hodnot tlouštěk suchého filmu optickou metodou s metodou akustickou na vzorcích vzorku  $C^{Al(L)} 1, 7$  a  $13$

Ozn. Vzorku	$C^{Al(L)} 1$		$C^{Al(L)} 7$		$C^{Al(L)} 13$	
Metoda	Optická	Akustická	Optická	Akustická	Optická	Akustická
Jednotka	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]
Měření	66,3	66,0	76,3	91,0	138,9	161,0
	61,8	63,0	77,2	92,0	158,9	169,0
	63,9	65,0	62,4	91,0	166,7	163,0
			84,5		186,0	
			106,7		183,6	
			118,6			
			106,2			
			107,0			
Průměr	64,0	64,7	92,4	91,3	166,8	164,3

Výsledky tlouštěk NS pro jednotlivé kombinace dle zadání DP jsou uvedeny v následujících podkapitolách. U nátěrových systémů nebylo známé přesné složení (podíl aditiv, sušiny, pojiv apod.). Nanesením stejných tlouštěk u všech nátěrových systémů by tedy nebylo možné dosáhnout porovnatelnosti daných parametrů. Například při nanesení menšího množství a porovnání s dalšími nátěry, kde bude ve stejném množství více porovnávaného pojiva, bychom tento nátěr znevýhodnili. Pro dosažení objektivnějšího porovnání byly tedy při nanášení rozhodující údaje výrobců v technických listech o spotřebě nátěrové hmoty. Navíc při nanesení uváděného množství lze již předpokládat

určitou odolnost vůči povětrnosti. Také při volbě počtu porovnávaných vrstev byly ze stejných důvodů rozhodující údaje výrobce v technických listech.

S ohledem na zadání diplomové práce byly pro experimentální část vybrány následující kombinace NS i s ohledem na dosažené tloušťky suchého filmu:

### 7.1.1 Porovnání krycího a lazurovacího typu akrylátových disperzních nátěrových systémů

S ohledem na stejného výrobce a stejné požadavky na spotřebu, tedy 150-300 ml/m<sup>2</sup>, byly dle doporučení porovnávány systémy se základem a jednou vrchní vrstvou NS. Přesto, že byly všechny požadavky kladené výrobcem na aplikaci dodrženy (viz. *Tabulka č. 10*) a byla aplikována stejná tloušťka mokrého filmu vrchního nátěru u všech typů, došlo u systému A<sup>Ak(L,B)</sup> k markantnímu seschnutí projevující se nižší tloušťkou suchého filmu. Proto je u tohoto typu NS posouzena varianta s jednou vrchní vrstvou i se dvěma vrchními vrstvami, aby bylo dosaženo přibližně rovnocenných tlouštěk, neboť výrobce uvádí v technických listech u všech systémů stejnou tloušťku mokrého filmu. Dále bude v případě krycího i lazurovacího typu posouzen inovovaný systém Duraflex, zdali lépe odolává trvanlivosti.

*Tabulka č. 15: Tloušťky suchého filmu u porovnávaných nátěrových systémů A<sup>Ak(K,D)</sup>, A<sup>Ak(K,B)</sup>, A<sup>Ak(L,D)</sup>, A<sup>Ak(L,B)</sup>*

Typ	Krycí		Lazurovací	
Systém	Duraflex	běžný	Duraflex	běžný
Nátěrový systém	A <sup>Ak(K,D)</sup>	A <sup>Ak(K,B)</sup>	A <sup>Ak(L,D)</sup>	A <sup>Ak(L,B)</sup>
Jednotka	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]
Z+1 vr.	146	178	130	62
Z+2 vr.	-	-	-	139
Z+3 vr.	-	-	-	-

### 7.1.2 Porovnání krycího a lazurovacího typu alkydových roztokových nátěrových systémů

Z *Tabulka č. 10* je patrné, že u nátěrových systémů B<sup>Al(K)</sup> a B<sup>Al(L)</sup> byla velmi podobná doporučená i skutečná spotřeba a tloušťka mokrého filmu byla stejná. Rozdílnosti v tloušťce suchého filmu byly tedy dány různým sesycháním. Výrobce doporučuje u obou

těchto nátěrových systémů 2-3 vrstvy. Budou tedy mezi sebou porovnány systémy se 2 vrchními vrstvami i se 3 vrchními vrstvami.

Tabulka č. 16: Tloušťky suchého filmu porovnávaných u nátěrových systémů  $B^{Al(K)}$ ,  $B^{Al(L)}$

Typ	Krycí	Lazurovací
Nátěrový systém	$B^{Al(K)}$	$B^{Al(L)}$
Jednotka	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]
Z+1 vr.	-	-
Z+2 vr.	100	76
Z+3 vr.	121	97

### 7.1.3 Porovnání vlivu pojivové báze (alkydové a akrylátové disperze) u lazurovacích NS

U akrylátových nátěrových systémů  $C^{Ak(L)}$  a  $A^{Ak(L, B)}$  jsou výrobcem doporučené 1-2 vrstvy vrchní NH. S ohledem na dosažené tloušťky NS byly pro tyto typy lazur zvoleny 2 vrstvy, které přibližně odpovídají tloušťkám ostatních NS, se kterými budou porovnávány.

Tabulka č. 17: Tloušťky suchého filmu u porovnávaných nátěrových systémů  $A^{Ak(L,D)}$ ,  $A^{Ak(L,B)}$ ,  $C^{Ak(L)}$ ,  $C^{Al(L)}$

Pojivová báze	Akrylátová			Alkydová
Nátěrový systém	$A^{Ak(L,D)}$	$A^{Ak(L,B)}$	$C^{Ak(L)}$	$C^{Al(L)}$
Jednotka	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]
Z+1 vr.	130	-	-	-
Z+2 vr.	-	139	94	102
Z+3 vr.	-	-	-	-

### 7.1.4 Porovnání typu lazurovacích NS (vodní disperze, roztokové) na alkydové bázi

U nátěrového systému  $B^{Al(L)}$  výrobce doporučuje 2-3 vrstvy. Pro úplnost tedy budou porovnány obě tyto varianty roztokového systému s disperzním typem NS. Výsledky by měly říci, zda kvalita vodní disperze již dosahuje parametrům roztokových NS.

Tabulka č. 18: Tloušťky suchého filmu u porovnávaných nátěrových systémů  $C^{Al(L)}$ ,  $B^{Al(L)}$

Typ	Roztokový	Disperzní
Nátěrový systém	$B^{Al(L)}$	$C^{Al(L)}$
Jednotka	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]
Z+1 vr.	-	-
Z+2 vr.	76	102
Z+3 vr.	97	-

## 7.2 Měření barevných změn při zkoušce přirozeného stárnutí NH

Vzorky byly vystaveny venkovní expozici od začátku dubna 2016 do konce prosince 2016. V

Tabulka č. 19 jsou průměrné měsíční hodnoty klimatických podmínek při venkovní expozici ze stanice Brno (Tuřany). Bohužel nebylo možné dodržet 12 měsíční expoziční dobu z důvodu nedostupnosti některých vzorků nátěrů nebo nutnosti natónování transparentních NS. Transparentní nátěrové hmoty nebylo možné použít, protože nejsou vhodné pro venkovní užití z důvodu jejich nízké odolnosti vůči povětrnosti. V

Tabulka č. 20 je přehled průměrných hodnot barevných změn jednotlivých nátěrových systémů v průběhu cyklů. Jeden cyklus odpovídá jednomu kalendářnímu měsíci. Při volbě počtu vrstev pro porovnání nátěrových systémů jsem se řídila navrženými tabulkami v předcházející kapitole.

Na vzorcích nebyly ani po 9 měsících expozice okem postřehnutelné změny vzhledu nátěrových systémů. Pouze u alkydových nátěrových systémů s jednou vrchní vrstvou postupně docházelo ke ztrátám lesku. Lze tedy předběžně předpokládat, že alkydové jednovrstvé systémy jsou méně odolné než akrylátové.

Podmínky při měření spektrofotometrem:

- standartní světelný zdroj D65 a standartní pozorovatel 10°.
- byly použity SCI hodnoty

Tabulka č. 19: Průměrné měsíční hodnoty klimatických podmínek při venkovní expozici ze stanice Brno, Tuřany [20]

Cyklus	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Měsíc	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Teplota [°C]	10,2	15,6	19,8	21,3	19,6	18,3	9,1	4,0	-0,3
srážky [mm]	37,5	44,2	74,5	101,8	61,1	11,0	27,7	29,7	12,4
Doba svitu slunce [h]	170,4	223,0	247,2	243,9	245,3	226,0	50,8	52,8	52,1

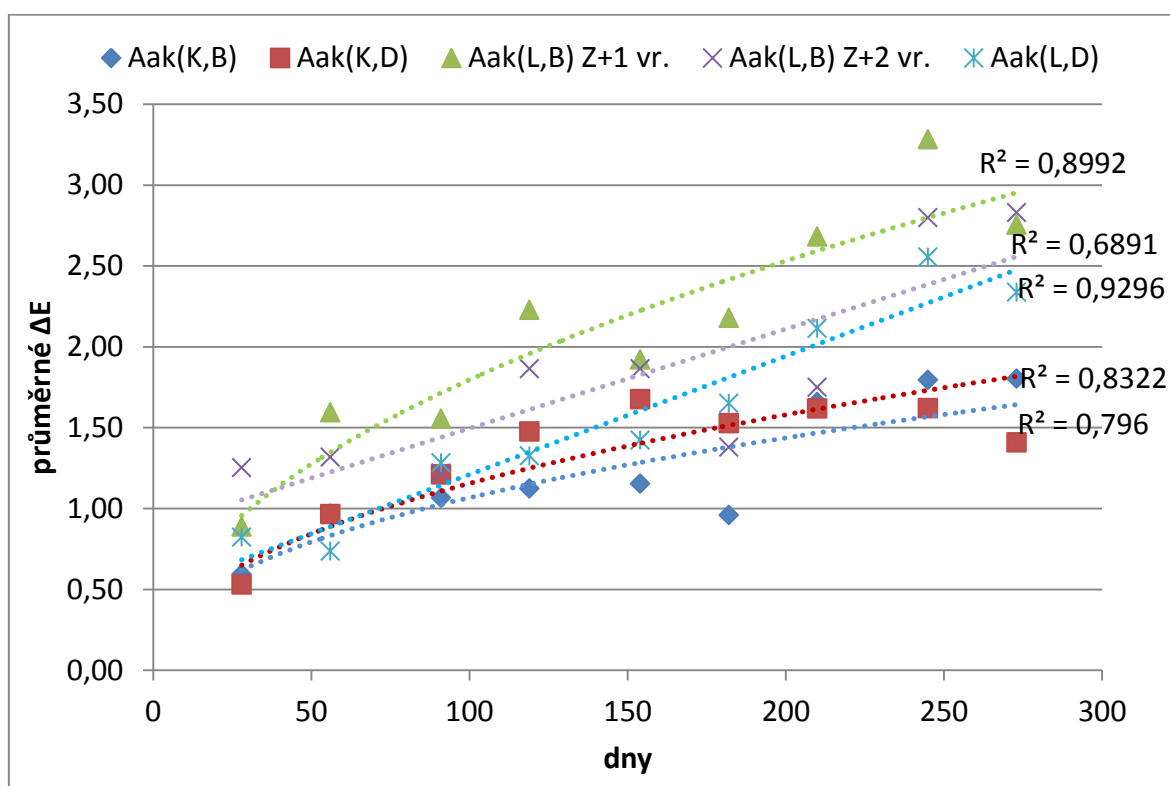
Tabulka č. 20: Vypočítané průměrné hodnoty  $\Delta E$  u jednotlivých nátěrových systémů při zkoušce přirozeného stárnutí

cyklus	Vrstvy	průměrné $\Delta E$ u nátěrových systémů								
		A <sub>ak(K,D)</sub>	A <sub>ak(K,B)</sub>	A <sub>ak(L,D)</sub>	A <sub>ak(L,B)</sub>	B <sub>al(K)</sub>	B <sub>al(L)</sub>	C <sub>ak(K)</sub>	C <sub>ak(L)</sub>	C <sub>al(L)</sub>
1	Z+1 vr.	0,53	0,59	0,82	0,89	0,65	2,90	0,36	1,60	0,97
	Z+2 vr.	0,80	0,94	0,91	1,25	0,57	3,17	0,92	1,35	1,77
	Z+3 vr.	0,90	0,91	0,88	2,64	0,43	2,57	0,70	0,71	2,14
2	Z+1 vr.	0,97	0,97	0,74	1,60	0,69	4,12	0,64	2,09	1,95
	Z+2 vr.	0,96	1,18	0,85	1,32	0,46	2,95	0,76	0,87	1,84
	Z+3 vr.	0,88	0,91	0,62	2,31	0,46	3,30	0,52	0,62	2,26
3	Z+1 vr.	1,21	1,07	1,28	1,56	0,78	5,76	0,75	2,80	2,47
	Z+2 vr.	1,31	1,22	0,96	1,22	0,61	4,92	0,93	1,41	2,27
	Z+3 vr.	1,32	1,10	0,87	1,78	0,64	5,08	1,10	0,79	2,61
4	Z+1 vr.	1,48	1,12	1,33	2,23	1,01	7,25	1,08	3,75	2,70
	Z+2 vr.	1,43	1,41	1,03	1,86	0,48	5,64	1,08	1,28	2,27
	Z+3 vr.	1,30	1,14	0,99	2,48	0,88	6,45	0,89	1,06	2,82
5	Z+1 vr.	1,68	1,15	1,42	1,92	1,02	8,99	0,76	4,30	2,58
	Z+2 vr.	1,40	1,38	1,09	1,86	0,78	6,95	0,86	1,47	2,38
	Z+3 vr.	1,43	1,24	0,97	2,86	1,07	6,37	0,84	1,24	3,18
6	Z+1 vr.	1,53	0,96	1,65	2,18	0,94	9,27	0,59	3,79	2,38
	Z+2 vr.	0,98	1,10	0,86	1,38	0,71	6,46	0,72	1,04	2,28
	Z+3 vr.	1,15	0,98	0,79	2,57	1,10	4,79	0,54	1,14	3,10
7	Z+1 vr.	1,62	1,66	2,11	2,68	1,44	10,13	0,97	4,69	2,92
	Z+2 vr.	1,30	1,64	1,48	1,75	1,12	7,67	1,04	1,54	2,30
	Z+3 vr.	1,27	1,49	1,11	3,37	1,31	6,83	0,95	1,40	3,09
8	Z+1 vr.	1,62	1,79	2,56	3,28	1,36	13,40	0,81	5,51	3,21
	Z+2 vr.	1,63	2,00	1,88	2,80	0,92	8,40	1,05	1,57	2,56
	Z+3 vr.	1,46	1,84	1,45	3,14	1,45	7,67	0,99	1,50	3,26
9	Z+1 vr.	1,41	1,80	2,34	2,75	1,32	12,62	0,76	4,95	3,31
	Z+2 vr.	1,72	1,90	2,03	2,83	1,30	7,80	1,06	1,33	2,43

cyklus	Vrstvy	průměrné $\Delta E$ u nátěrových systémů								
		$A_{ak(K,D)}$	$A_{ak(K,B)}$	$A_{ak(L,D)}$	$A_{ak(L,B)}$	$B_{al(K)}$	$B_{al(L)}$	$C_{ak(K)}$	$C_{ak(L)}$	$C_{al(L)}$
	Z+3 vr.	1,43	1,61	1,43	3,67	1,40	7,55	1,00	1,28	3,20

### 7.2.1 Vyhodnocení barevných změn u krycího a lazurovacího typu akrylátových disperzních nátěrových systémů

Porovnávány byly dle doporučení výrobce systémy se základem a jednou vrchní vrstvou NS. Pouze u nátěrového systému  $A_{ak(L,B)}$  byla posouzena varianta s jednou vrchní vrstvou i se dvěma vrchními vrstvami. Vysvětlení je v kapitole 7.1.1. Dále budou v případě krycího i lazurovacího typu posouzen inovovaný systém Duraflex, zdali lépe odolává trvanlivosti.



Graf č. 3: Porovnání krycího a lazurovacího typu akrylátového nátěrového systému a porovnání systému běžného a Duraflex

Pozn.: (K) – krycí, (L) – lazurovací, (D) – systém Duraflex, (B) – běžně používaný systém

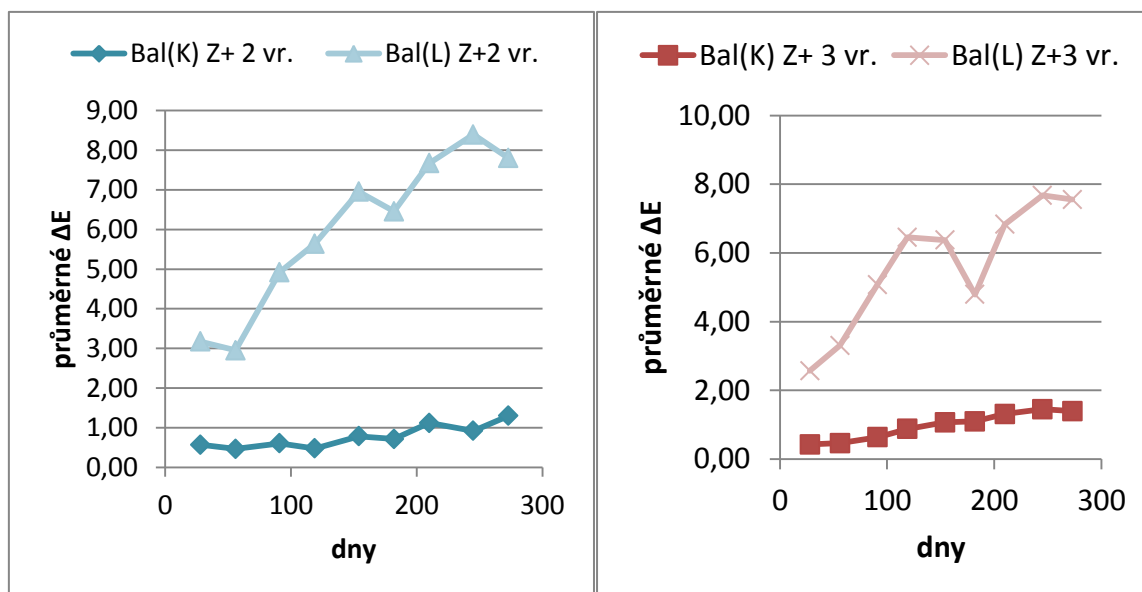
Při porovnání typu krycího a lazurovacího běžného akrylátového nátěrového systému je z grafu jednoznačně patrné, že krycí NS během celé expozice vykazovaly výrazně nižší barevné změny než lazurovací systémy s jednou i se dvěma vrstvami. Potvrdilo se tedy, že krycí nátěrové systémy jsou odolnější vůči povětrnostním podmínkám než lazurovací.

V případě akrylátového krycího NS bylo zjištěno, že u nové technologie Duraflex vykazující dle výrobce vyšší podíl aditiv a flexibilitu zvyšující jeho trvanlivost nebyl po dobu 273 dní tento efekt potvrzen. Barevné rozdíly běžného a Duraflex systému byly téměř identické. Avšak u akrylátového, lazurovacího NS byla lepší odolnost systému Duraflex potvrzena, a to při porovnání s běžně používaným NS s jednou i se dvěma vrchními vrstvami.

Z hlediska časové závislosti byla vyšší těsnost výsledků barevných změn zjištěna pro lazurovací systémy lineární regresí s vysokou hodnotou koeficientu determinace  $R^2$ , naopak pro krycí NS byla nejvyšší těsnost zjištěna mocninnou funkcí. Toto svědčí, že pro krycí nátěry dochází k ustálení nižšího procesu fotodegradace NS v čase oproti narůstajícím lazurám.

### 7.2.2 Vyhodnocení barevných změn u krycího a lazurovacího typu alkydových roztokových nátěrových systémů

Porovnávány budou systémy krycí a lazurovací alkydového NS se 2 i 3 vrchními vrstvami.



Graf č. 4: Porovnání krycího a lazurovacího typu alkydového nátěrového systému

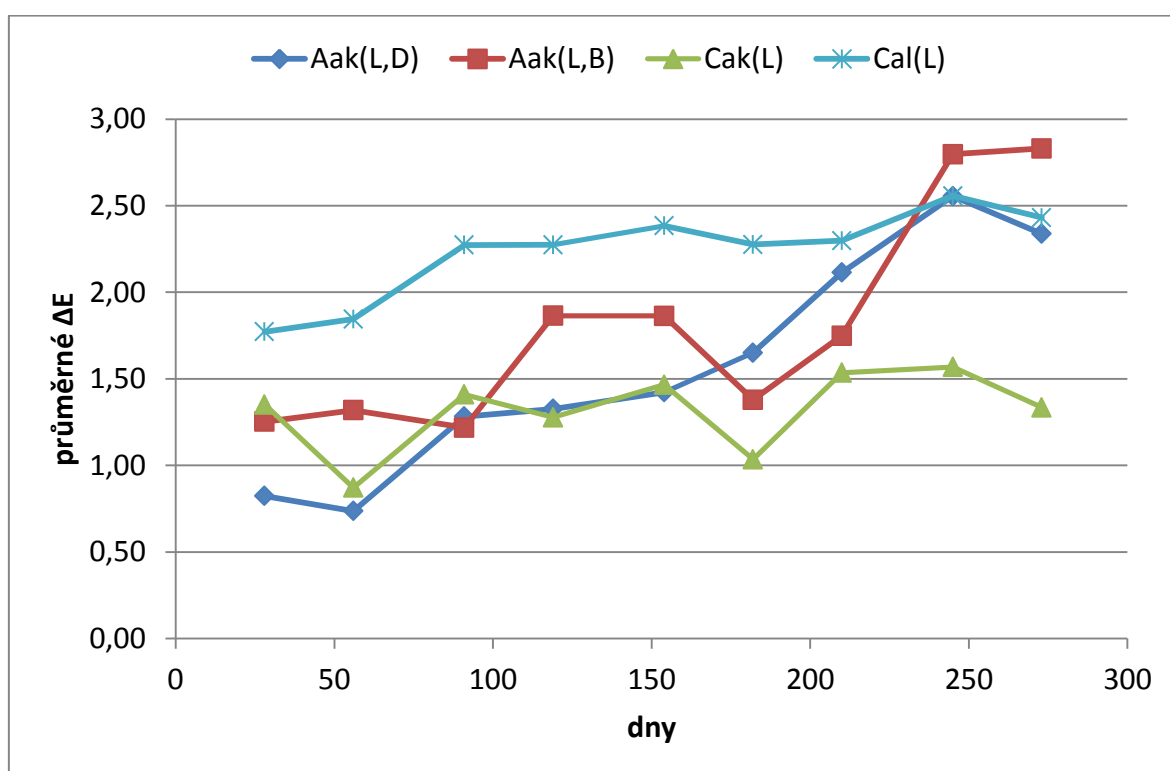
Pozn.: (K) – krycí, (L) lazurovací

Z grafů je patrné, že krycí NS jsou mnohem odolnější než lazurovací a to u NS se dvěma vrchními vrstvami i u NS se třemi vrchními vrstvami. Nárůst změn barevného odstínu mezi krycím a lazurovacím systémem po 273 dnech je u NS se 2 vrchními vrstvami o něco markantnější. U NS se 2 vrchními vrstvami došlo u lazurovacího systému

k nárůstu barevných změn o více než 83 %, u NS systému se 3 vrchními vrstvami byl rozdíl 81 %. Opět se tedy potvrdilo, že krycí NS jsou odolnější vůči povětrnosti a trvanlivější než lazurovací NS a je patrný i vliv počtu vrstev.

### 7.2.3 Vyhodnocení barevných změn různých pojivovýchází (alkydové a akrylátové disperze) u lazurovacích NS

U akrylátových nátěrových systémů  $C^{Ak(L)}$  a  $A^{Ak(L, B)}$  byly s ohledem na dosažené tloušťky NS byly pro tyto typy lazur zvoleny 2 vrstvy, které přibližně odpovídají tloušťkám ostatních NS s jednou vrchní vrstvou.



Graf č. 5: Porovnání akrylátové a alkydové pojivové báze disperzních lazurovacích NS

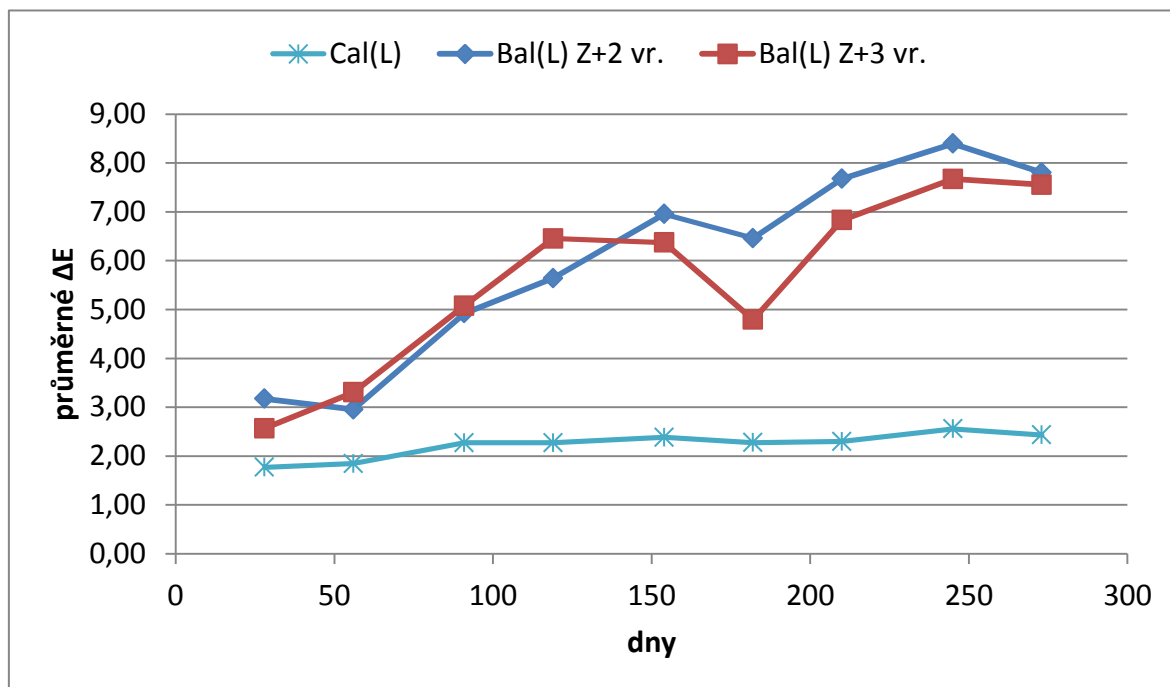
Pozn.:  $A^{Ak(L,D)}$ ,  $A^{Ak(L,B)}$  a  $C^{Ak(L)}$  – s akrylátovým pojivem,  $A^{Al(L)}$  – s alkydovým pojivem

Z grafu lze vyčíst, že NS s akrylátovým pojivem a systémem Duraflex od firmy AkzoNobel i NS s akrylátovým pojivem od firmy Sokrates dosahovaly nižších barevných změn než NS systém s alkydovým pojivem od firmy Sokrates. Při porovnání NS s akrylátovým pojivem bez systému Duraflex s NS na bázi alkydových pojiv je patrné, že nejprve dosahoval menších barevných změn NS s akrylátovým pojivem, avšak po 200 dnech došlo k obratu a změny barevného odstínu začaly narůstat.



#### 7.2.4 Vyhodnocení barevných změn u disperzních a roztokových lazurovacích NS na alkydové bázi

Porovnáván bude roztokového systému  $B^{al(L)}$  se 2 i 3 vrchními vrstvami s disperzním typem NS  $C^{al(L)}$ . Výsledky by měly říci, zda kvalita vodní disperze již dosahuje parametrům roztokových NS.



Graf č. 6: Porovnání disperzního a roztokového NS

Pozn.:  $B^{al(L)}$  - roztokový systém,  $C^{al(L)}$  - disperzní systém

Z grafu je patrné, že roztokový systém se dvěma i třemi vrchními vrstvami vykazuje větší barevnou změnu v průběhu času než disperzní nátěrový systém. Lze tedy říci, že tento disperzní NS již dosáhl odolnosti vůči povětrnosti a trvanlivosti kvality roztokových NS.

#### 7.3 Měření barevných změn při zkoušce umělého stárnutí nátěrových hmot

V rámci zkoušky bylo provedeno 9 cyklů. Z kapacitních důvodů byly pro tuto zkoušku vybrány pouze vzorky zástupců akrylátových a alkydových disperzních nátěrových systémů a pouze ty s jednou a třemi vrchními vrstvami. Výsledné průměrné hodnoty naměřených barevných změn jsou v *Tabulka č. 21*. Zkouška umělého stárnutí zkouší nátěrové hmoty v extrémních podmínkách a proto je zde patrnější vliv počtu vrstev i tloušťky na změnu barevného odstínu. Na vzorky působí stále stejné prostředí a tím je

vyloučen vliv kolísání teplot, různá doba slunečního svitu a tedy i různé množství UV záření a nerovnoměrné množství srážek v průběhu roku.

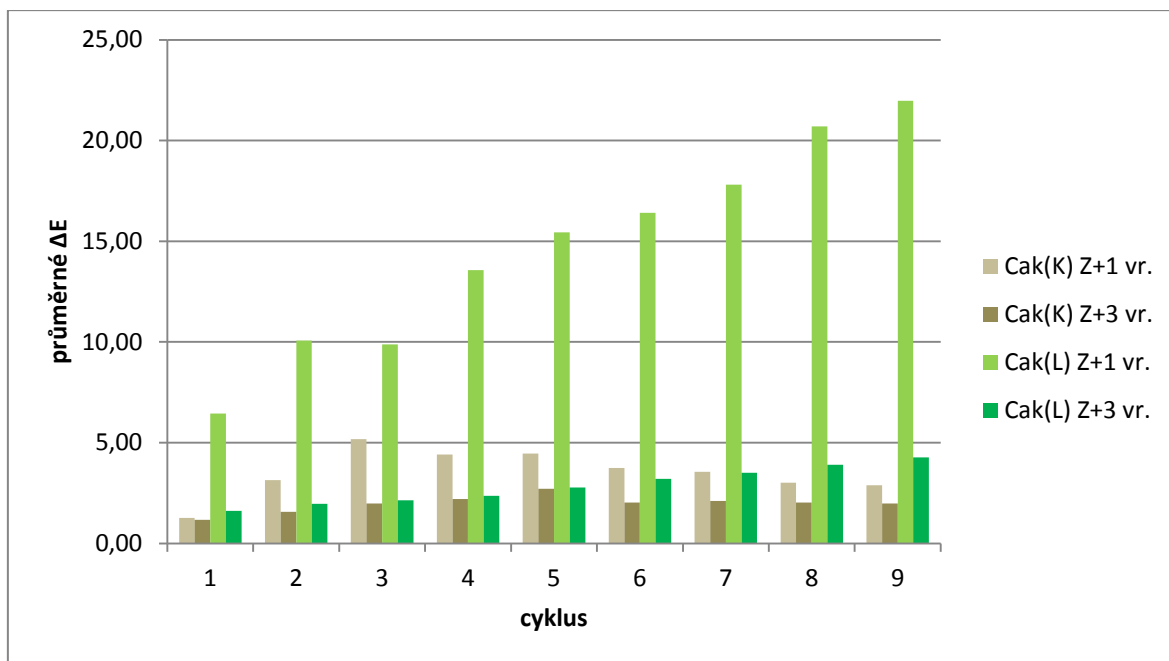
Již po prvních cyklech došlo k změnám barvy postřehnutelným pouhým okem nebo poškození nátěrového systému.

*Tabulka č. 21: Vypočítané průměrné hodnoty  $\Delta E$  u jednotlivých nátěrových systémů při zkoušce umělého stárnutí*

Cyklus	Vrstvy	průměrné $\Delta E$ u nátěrových systémů						
		$A^{ak(K,D)}$	$A^{ak(K,B)}$	$A^{ak(L,D)}$	$A^{ak(L,B)}$	$C^{ak(K)}$	$C^{ak(L)}$	$C^{al(L)}$
1	Z+1 vr.	0,35	0,27	0,84	3,42	1,26	6,45	3,94
	Z+3 vr.	0,40	0,28	0,48	1,35	1,17	1,62	1,45
2	Z+1 vr.	0,70	0,36	2,07	6,40	3,14	10,07	4,18
	Z+3 vr.	0,81	0,42	0,61	2,28	1,57	1,96	1,61
3	Z+1 vr.	0,79	0,41	3,84	8,33	5,17	9,88	5,16
	Z+3 vr.	0,83	2,08	1,55	3,79	1,98	2,14	1,60
4	Z+1 vr.	1,40	0,92	4,84	11,53	4,41	13,57	5,15
	Z+3 vr.	1,06	3,09	1,82	6,12	2,20	2,36	1,63
5	Z+1 vr.	2,13	1,86	4,94	13,62	4,46	15,45	5,00
	Z+3 vr.	1,74	1,84	2,00	7,97	2,71	2,78	1,71
6	Z+1 vr.	2,99	1,65	5,20	14,78	3,74	16,41	4,93
	Z+3 vr.	1,67	3,51	3,07	10,15	2,03	3,21	1,57
7	Z+1 vr.	4,79	2,01	5,94	15,73	3,56	17,81	5,10
	Z+3 vr.	3,39	3,45	3,25	9,12	2,11	3,51	1,68
8	Z+1 vr.	4,74	2,51	9,42	16,49	3,01	20,71	5,29
	Z+3 vr.	3,72	2,31	4,01	13,35	2,03	3,91	1,70
9	Z+1 vr.	4,78	2,18	9,99	16,05	2,89	21,97	5,43
	Z+3 vr.	5,12	3,04	4,24	13,32	1,99	4,27	2,24

### 7.3.1 Výsledky vlivu počtu vrstev na změnu barevného rozdílu při zkoušce umělého stárnutí NS

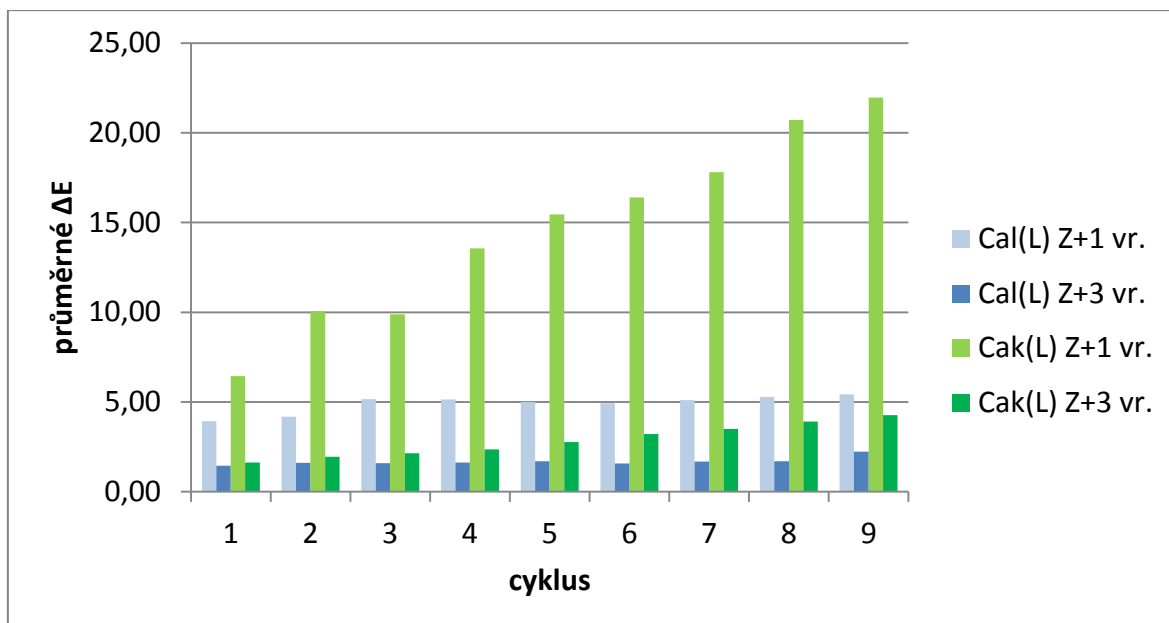
Výrobce AkzoNobel doporučuje pouze jednu vrstvu nátěru a tedy nemá význam zkoumat vliv počtu vrstev, když jedna vrchní vrstva je již dostačující. U nátěrových systémů  $C^{ak(K)}$ ,  $C^{ak(L)}$  a  $C^{al(L)}$  bylo provedeno posouzení vlivu počtu vrstev.



*Graf č. 7: Vliv počtu vrstev u NS  $C^{ak(K)}$  a  $C^{ak(L)}$  a porovnání krycího a lazurovacího NS na změnu barevného odstínu během zkoušky umělého stárnutí*

Pozn.: (K) – krycí, (L) – lazurovací

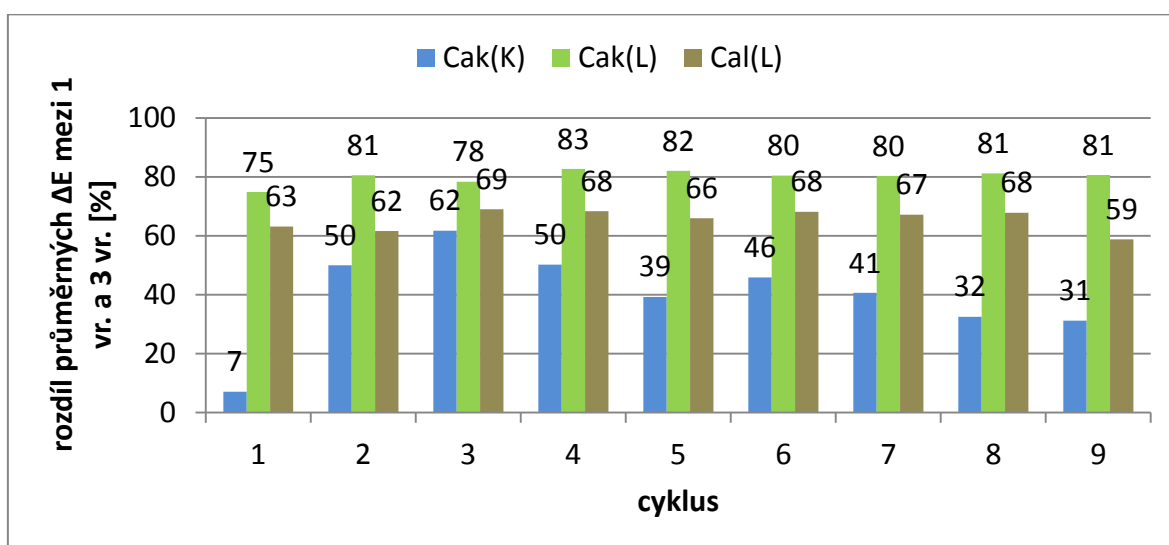
Při porovnání disperzních akrylátových NS krycích a lazurovacích s jednou a třemi vrchními vrstvami je patrné, že lazurovací nátěrový systém vykazuje několikanásobně vyšší rozdíl barevných změn mezi NS s jednou a třemi vrchními vrstvami. U lazurovacího nátěrového systému je patrný lineární nárůst změn barevného odstínu. U krycího typu NS dochází v průběhu expozice ke kolísání barevných změn. Z grafu je dále patrné, že více vrstev má pozitivní vliv na odolnost nátěrového systému a s rostoucím počtem vrstev klesá změna barevného odstínu.



Graf č. 8: Vliv počtu vrstev u NS  $C^{al(L)}$  a  $C^{ak(L)}$  na změnu barevného odstínu během zkoušky umělého stárnutí a porovnání pojivové báze akrylátové a alkydové

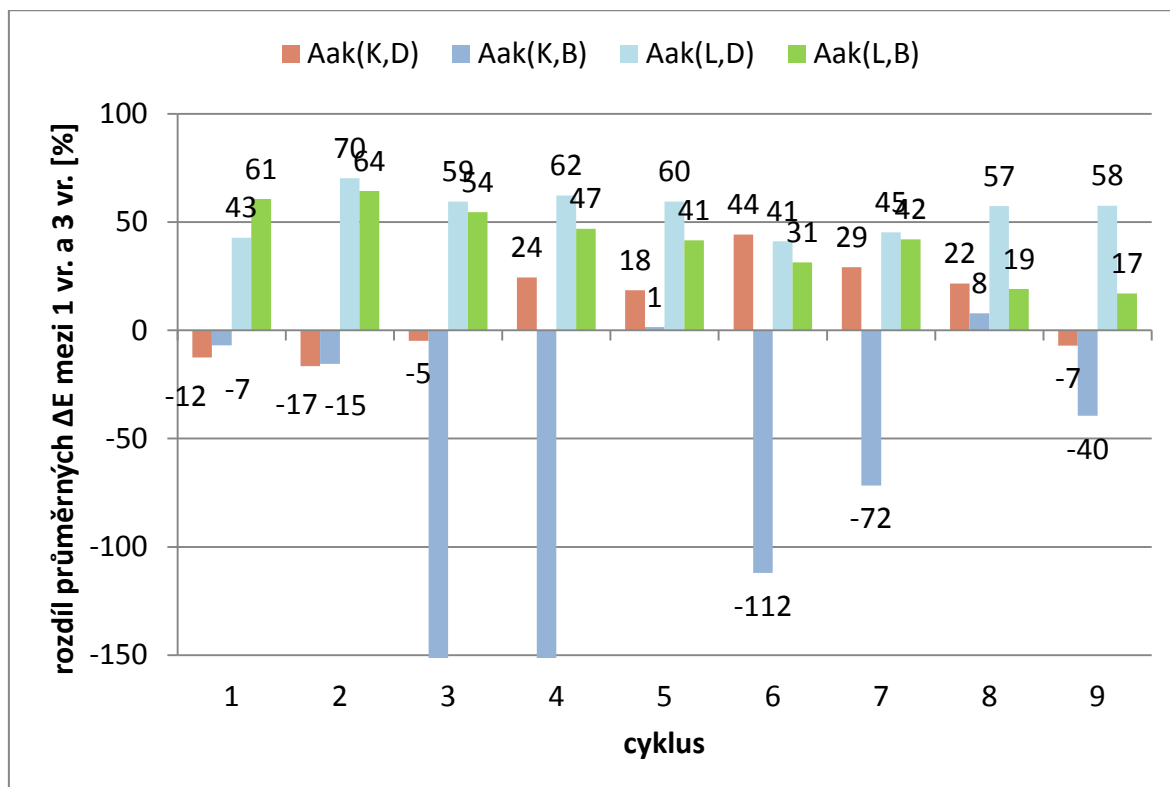
Pozn.:  $C^{al(L)}$  – s alkydovým pojivem,  $C^{ak(L)}$  – s akrylátovým pojivem

Z grafu lze vyčíst, že u akrylátových lazurovacích disperzních nátěrových systémů dochází s přibývajícím počtem cyklů k téměř lineárnímu narůstání barevných změn u NS s jednou i se třemi vrchními vrstvami. Při porovnání NS s jednou a se třemi vrstvami dochází u alkydových NS v porovnání s akrylátovými k menším barevným rozdílům. U akrylátových NS má počet vrstev větší vliv na odolnost vůči povětrnosti než u alkydových NS.



Graf č. 9: Procentuální nárůst rozdílů změn barevného odstínu mezi NS s 1 a 3 vrchními vrstvami při porovnání NS  $C^{ak(K)}$ ,  $C^{ak(L)}$  a  $C^{al(L)}$

Z tohoto grafu je patrné, o kolik procent rostla změna barevného odstínu při navýšení dvou vrstev NS. Jde tedy o procentuální vyjádření rozdílu barevných změn NS mezi jednou a třemi vrchními vrstvami. Bylo zjištěno, že největší rozdíl je u NS  $C^{ak(L)}$  a nejmenší rozdíl u NS  $C^{ak(K)}$ . Nejvíce patrný rozdíl barevných změn s přibývajícím počtem vrstev tedy vykazuje z těchto srovnávaných NS akrylátový lazurovací disperzní typ NS.



Graf č. 10: Procentuální nárůst rozdílů změn barevného odstínu mezi NS s 1 a 3 vrchními vrstvami při porovnání NS  $A^{ak(K,D)}$ ,  $A^{ak(K,B)}$ ,  $A^{ak(L,D)}$  a  $A^{ak(L,B)}$

Pozn.: (K) – krycí, (L) – lazurovací, (D) – systém Duraflex, (B) – běžně používaný systém

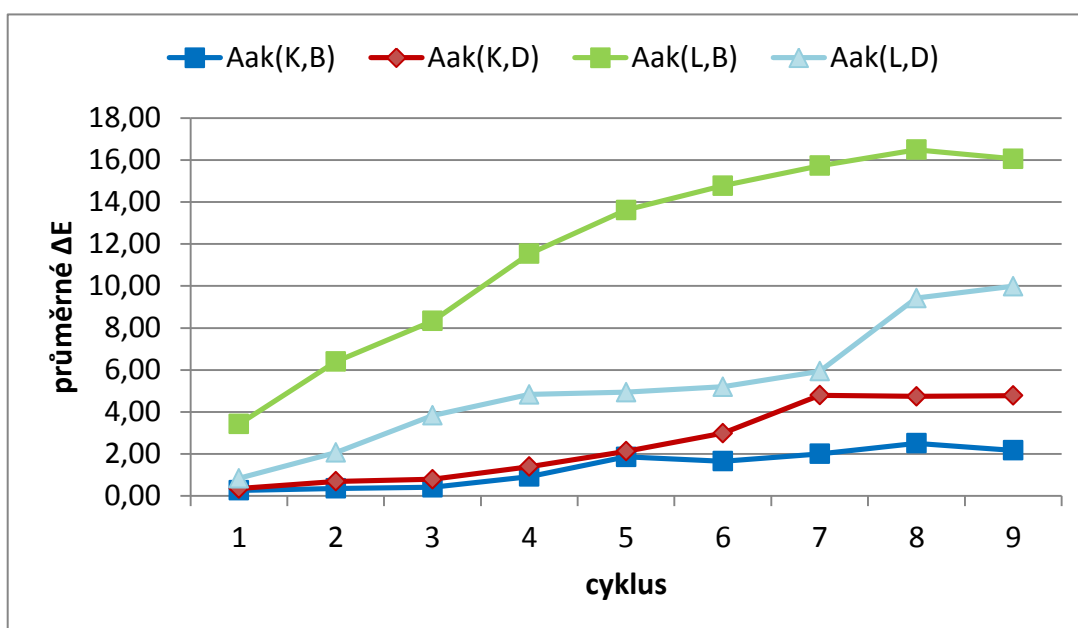
Z grafu je patrné, že u krycích NS  $A^{ak(K,D)}$  a  $A^{ak(K,B)}$  dochází k výraznému kolísání, což dokazuje, že počet vrstev na tento NS nemá vliv a 1 vrchní vrstva je dostačující. U lazurovacích NS  $A^{ak(L,D)}$  a  $A^{ak(L,B)}$  je však patrný pozitivní vliv s rostoucím počtem vrstev.

### 7.3.2 Vyhodnocení souvislosti tloušťky NS se změnou barevného odstínu během zkoušky umělého stárnutí

U akrylátových disperzních NS byl porovnán vliv tloušťky suchého filmu na odolnost vůči povětrnosti při zkoušce umělého stárnutí. Tloušťky srovnávaných NS jsou v

Tabulka č. 22: Srovnání tloušťek suchého filmu u akrylátových NS firmy AkzoNobel

Nátěrový systém	$A^{Ak(K,D)}$	$A^{Ak(K,B)}$	$A^{Ak(L,D)}$	$A^{Ak(L,B)}$
Jednotka	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]
Z+1 vr.	146	178	130	62



Graf č. 11: Srovnání tloušťky NS se změnou barevného odstínu

Při srovnání tloušťky suchého filmu u jednotlivých NS je patrné, že změna barevného odstínu při zkoušce umělým stárnutím přímo souvisí s tloušťkou suchého filmu. S rostoucí tloušťkou klesá změna barevného odstínu a roste odolnost nátěrového systému vůči povětrnostním činitelům.

## 8 Závěr

Úkolem mé diplomové práce bylo sledování a porovnání pojivových bází nátěrových systémů, typů nátěrových systémů a vlivu počtu vrstev a tloušťky vrstev na výslednou odolnost proti povětrnostním vlivům. Posouzení mělo probíhat na vzorcích vystavených přímé venkovní expozici i krátkodobým zrychleným testům. V experimentální části byly použity nátěrové hmoty s akrylátovými a alkydovými pojivy. Nátěrové systémy byly rozděleny na disperzní a roztokové, dalšími typy byly krycí a lazurovací a také byl porovnáván běžně používaný systém a systém Duraflex. Na vzorcích byla měřena tloušťka mokrého i suchého filmu akustickou metodou a dosažené hodnoty byly namátkově porovnány metodou optickou. Při následné komparaci nátěrových systémů byl brán zřetel především na doporučený počet vrstev uvedený výrobcem a rovněž i na hodnotu tloušťky mokrého filmu NS.

Výsledky zkoušky přirozeného stárnutí jednoznačně potvrdily, že krycí nátěrové systémy jsou mnohem odolnější než lazurovací nátěrové systémy. Bylo to prokázáno u akrylátových disperzních nátěrových systémů i u typu alkydových nátěrových systémů roztokových. Dále byl také porovnán standardní NS systém se systémem Duraflex. V případě akrylátového krycího NS s novou technologií Duraflex vykazující dle výrobce vyšší podíl aditiv a flexibilitu zvyšující jeho trvanlivost nebyl tento efekt potvrzen. Barevné rozdíly běžného a Duraflex systému byly téměř identické. Avšak u akrylátových NS lazurovacího typu byla lepší odolnost systému Duraflex znatelná, a to při porovnání s běžně používaným NS s jednou i se dvěma vrchními vrstvami.

Dále byl porovnán typ pojivové báze. Zvoleny byly v exteriéru často používaná akrylátová a alkydová pojiva. Akrylátová pojiva mají dobrou odolnost vůči povětrnosti, avšak alkydová pojiva jsou cenově dostupnější. Této zkoušce byly podrobeny disperzní nátěrové systémy ve formě lazur. Výsledkem byly dva nátěrové systémy s akrylátovým pojivem odolnější vůči povětrnosti než nátěrový systém s alkydovým pojivem a jeden nátěrový systém s akrylátovým pojivem, který byl nejprve odolnější, ale po 200 dnech došlo k obratu a změny barevného odstínu začaly narůstat. V tomto experimentu při porovnání disperzních akrylátových nátěrových systémů s disperzními alkydovými, dosahovaly ve většině případů lepší odolnosti nátěrové systémy akrylátové. Pro lepší představu o vlivu pojivové báze by však bylo vhodné porovnat více nátěrových systémů se stejnou pojivovou bází.

Posledním parametrem pro srovnání nátěrových systémů byl zvolen typ disperzní a roztokový. Ve snaze snížit obsah těkavých látek a tím získat ekologicky šetrnější nátěrové hmoty se do popředí dostávají právě disperzní nátěrové systémy. Cílem porovnání bylo zjistit, zda disperzní nátěrové systémy se již přiblížily svou odolností k roztokovým nátěrovým systémům. Při komparaci nátěrových systémů na alkydové bázi byly zjištěny mnohem menší změny barevného odstínu u disperzních než u roztokových nátěrových systémů. Bylo tedy prokázáno, že disperzní nátěrové systémy mohou dosahovat stejných či i lepších hodnot než roztokové nátěrové systémy.

V rámci zrychlených zkoušek trvanlivosti byl především zkoumán vliv počtu vrstev NS a jeho tloušťky na trvanlivost nátěrových systémů. Výsledky těchto zkoušek nelze srovnávat se zkouškami přirozené trvanlivosti a používají se tedy především při porovnávání nátěrových systémů. Pro experiment byly vybrány vzorky s disperzním NS s jednou a třemi vrchními vrstvami. Dle předpokladu bylo prokázáno, že s rostoucím počtem vrstev roste odolnost nátěrových systémů. U disperzních akrylátových NS lazurovacího typu byl patrný lineární nárůst změn barevného odstínu v čase a vliv počtu vrstev u tohoto typu byl mnohem zřetelnější než u krycích NS. Dále bylo zaznamenáno, že při porovnání pojiv dochází u akrylátových lazurovacích disperzních NS s přibývajícím počtem cyklů k téměř lineárnímu nárůstu barevných změn. Při porovnání nátěrových systémů s jednou a se třemi vrstvami dochází u alkydových nátěrových systémů v porovnání s akrylátovými k menším barevným rozdílům mezi vrstvami. U NS s akrylátovým pojivem má počet vrstev větší vliv na odolnost vůči povětrnosti než u alkydových. Dále bylo zjištěno, že u krycích průmyslových NS s jednou vrchní vrstvou nebyl počet vrstev významný na odolnost. Avšak u lazurovacích nátěrových systémů již negativní vliv při snížení počtu vrstev na změnu barevného odstínu patrný byl. Také byla potvrzena souvislost mezi tloušťkou a odolností vůči povětrnosti, a rostoucí tloušťkou se zvyšuje i odolnost NS.

Podle zjištěných skutečností z experimentálních prací lze vyvodit závěr, že vůči povětrnostním vlivům byl nejúčinnější akrylátový disperzní krycí nátěrový systém. Cenově dostupnější NS s alkydovým pojivem byl méně odolný vůči povětrnosti než NS s akrylátovým pojivem. U ekologického disperzního typu NS byla zjištěna vyšší odolnost než u NS roztokového. Disperzní NS tedy již svou kvalitou dosahují roztokových NS. Dále bylo v rámci diplomové práce potvrzeno, že na odolnost nátěrových systémů vůči povětrnosti má vliv pojivová báze, typ nátěrového systému, množství pigmentu i počet vrstev dané nátěrové hmoty.



## Použitá literatura

- [1] KALEDOVÁ, Andrea a Petr KALENDA. *Technologie nátěrových hmot I.: pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. ISBN 80-7194-691-5
- [2] ČSN EN 927-1. *Nátěrové hmoty – Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí – Část 1: Klasifikace a volba*. Praha: Český normalizační institut, 2013
- [3] Technologie Duraflex. *Sikkens Wood Coatings*. [online]. © 2017 [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: <http://www.sikkens-wood-coatings.cz/cz/servis/technologie/technologie-duraflex.html>
- [4] HARTMAN, Emil, Ladislav LUKAVSKÝ a Ladislav SVOBODA. *Povrchové úpravy nátěrovými hmotami v nábytkářském průmyslu*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1988
- [5] PosiTector 200. *HTML Instruction Manual*. [online]. © 2012 [cit. 2016-12-19]. Dostupné z: [http://www.defelsko.com/p200/manuals/p200\\_web\\_manual.htm](http://www.defelsko.com/p200/manuals/p200_web_manual.htm)
- [6] PosiTector 200. *Ultrasonic coating thickness gage measures coating over concrete, wood, composite and more*. [online]. © 2016 [cit. 2016-12-19]. Dostupné z: <http://www.defelsko.com/p200/positector200.htm>
- [7] How to Measure Solid Colors Using 45/0 and Sphere Geometry. *AZO Materials*. [online]. 3. 1. 2017 [cit. 2017-01-03]. Dostupné z: <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=10627>
- [8] CM-600d Spectrophotometer. *Portable*. [online]. © 2006-2017 [cit. 2017-01-03]. Dostupné z: <http://sensing.konicaminolta.us/products/cm-600d-spectrophotometer/>
- [9] Komory pro sluneční simulace Q-LAB. *Přístroje*. [online]. © 2017 [cit. 2017-01-03]. Dostupné z: <http://www.labimex.cz/laboratore/pristrojeproducty/komory-pro-slunecni-simulace-xe-svetlem>
- [10] Weathering Tester. *Q-SUN Xe-3*. [online]. © 2017 [cit. 2017-01-03]. Dostupné z: <http://www.q-lab.com/products/q-sun-xenon-arc-test-chambers/q-sun-xe-3>
- [11] REINPRECHT, Ladislav. *Ochrana dřeva: vysokoškolská učebnica*. Vo Zvolene: Technická univerzita, 2008. ISBN 978-80-228-1863-6.
- [12] ČSN EN 927-2. *Nátěrové hmoty – Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí – Část 2: Specifikace funkčních vlastností*. Praha: Český normalizační institut, 2015
- [13] Jaroslav Žák. *Ochrana dřeva ve stavbě*. Praha: ARCH, 1998. ISBN 8086165000.
- [14] *Sborník přednášek z konference Centra výzkumu povrchových úprav* [online]. 2014. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwjajrHw1L3RAhUGvRoKHUz5A5sQFggkMAI&url=http%3A%2F%2Fwww.vzlu.cz%2Fdownload.php%3Ffile%3D902&usg=AFQjCNGvxFRTd1fVofI2sIVziNk1NRXyBA&bvm=bv.144224172,bs.2,d.bGs&cad=rja>

- [15] Josef Theo Hein. Hrsg. Von der informationsabteilung der roto frank ag. *Holzschutz: Holz und Holzwerkstoffe erhalten und veredeln*. Tamm: Wegra-Verl, 1998. ISBN 3921546982
- [16] *Lexikon nátěrových hmot a pomocných přípravků*. Opava: Best Trading, 1998. ISBN 8090257909
- [17] ČSN EN 2808. *Nátěrové hmoty – Stanovení tloušťky nátěru*. Praha: Český normalizační institut, 2007
- [18] q-lab. *Artificial Weathering Test for Wood Coatings*. [online]. 5.1.2017 [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: <http://www.q-lab.com/documents/public/13572433-ad68-4b58-8827-74b7eb9f91de.pdf>
- [19] *Mezinárodní konference o nátěrových hmotách: KNH .. Česká republika. Článek: Vodou ředitelné nátěrové hmoty vytvrzované UV zářením pro povrchovou úpravu nábytku a výrobků ze dřeva*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2009
- [20] Portál ČHMÚ. *Historická data*. [online]. 11.1.2017 [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data#>
- [21] Specular Component Included (SCI) vs. Specular Component Excluded (SCE). *Konica Minolta*. [online]. © 2006-2017 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://sensing.konicaminolta.us/2014/02/specular-component-included-vs-specular-component-excluded/>
- [22] Petr Ptáček. *Ochrana dřeva*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2326-6
- [23] ŠEFCŮ, Ondřej, Jan VINAŘ a Marie PACÁKOVÁ. *Metodika ochrany dřeva*. Praha: Jalna, 2000. Odborné a metodické publikace (Státní ústav památkové péče). ISBN 80-86234-14-2
- [24] TESAŘOVÁ, Daniela. *Povrchové úpravy dřeva*. Praha: Grada, 2014. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4715-6.
- [25] *Wood Handbook*. Washington: Forest Products Laboratory, 1999.
- [26] *Mezinárodní konference o nátěrových hmotách: KNH .. Česká republika. Článek: Sikativy vhodné pro vysokosušinné alkydové nátěrové hmoty*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2012
- [27] *Mezinárodní konference o nátěrových hmotách: KNH .. Česká republika. Článek: Možnost redukce vybraných škodlivin z nátěrových hmot pomocí ionizace vzduchu*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2011
- [28] *Mezinárodní konference o nátěrových hmotách: KNH .. Česká republika. Článek: Pardubice: Netoxická aditiva pro vodouředitelné nátěrové hmoty*. Univerzita Pardubice, 2008
- [29] *Mezinárodní konference o nátěrových hmotách: KNH .. Česká republika. Článek: Přílnavost' povlaků k dřevu jako významný indikátor životnosti povrchových úprav*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2009

[30] Hlavní faktory, které vyvolávají změny na povrchu dřeva. *KUCEROVA.pdf*. [online]. 10. 1. 2017 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.studioaxis.cz/images/pamatky2005/KUCEROVA.pdf>

[31] *Mezinárodní konference o nátěrových hmotách: KNH .. Česká republika. Článek: Nově vyvíjené nátěrové hmoty se zvýšenou odolností vůči UV záření*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2009

[32] *Mezinárodní konference o nátěrových hmotách: KNH .. Česká republika. Článek: Vplyv vybraných faktorov na povrchovú úpravu dreva*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003

## Seznam použitých norem

ČSN EN 927-1. *Nátěrové hmoty – Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí – Část 1: Klasifikace a volba*. Praha: Český normalizační institut, 2013

ČSN EN 927-2. *Nátěrové hmoty – Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí – Část 2: Specifikace funkčních vlastností*. Praha: Český normalizační institut, 2015

ČSN EN 927-3. *Nátěrové hmoty - Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 3: Zkouška přirozeným stárnutím*. Praha: Český normalizační institut, 2012

ČSN EN 927-5. *Nátěrové hmoty - Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 5: Hodnocení propustnosti vůči vodě*, Praha: Český normalizační institut, 2007

ČSN EN 927-6. *Nátěrové hmoty - Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 6: Expozice povlaků dřeva umělému stárnutí s použitím fluorescenční UV lampy a vody*, Praha: Český normalizační institut, 2007

ČSN 67 3098. *Nátěrové hmoty. Stanovení odolnosti proti střídání teplot*, Praha: Český normalizační institut, 1988

ČSN EN ISO 6270-1. *Nátěrové hmoty - Stanovení odolnosti proti vlhkosti - Část 1: Kontinuální kondenzace*, Praha: Český normalizační institut, 2002

ČSN EN ISO 6270-2. *Nátěrové hmoty - Stanovení odolnosti proti vlhkosti - Část 2: Postup pro expozici zkušebních vzorků v prostředí kondenzace vody*, Praha: Český normalizační institut, 2006

ČSN EN ISO 16474-1. *Nátěrová hmota – Metody vystavení laboratorním zdrojům světla – Část 1: Obecný návod*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013

ČSN EN ISO 16474-2. *Nátěrové hmoty - Metoda vystavení laboratorním zdrojům světla - Část 2: Xenonové lampy*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014

ČSN EN ISO 16474-3. *Nátěrové hmoty - Metody vystavení laboratorním zdrojům světla - Část 3: Fluorescenční UV lampy*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014

ČSN ISO 16474-4. *Nátěrové hmoty - Metody vystavení laboratorním zdrojům světla - Část 4: Uhlíkové obloukové lampy s otevřeným plamenem*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014

ČSN EN ISO 4628-1 až 8 a 10. *Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu*, Praha: Český normalizační institut, 2016

ČSN EN 2808. *Nátěrové hmoty – Stanovení tloušťky nátěru*. Praha: Český normalizační institut, 2007

ČSN EN ISO 2810. *Nátěrové hmoty - Přírozené stárnutí nátěrů - Expozice a hodnocení*, Praha: Český normalizační institut, 2005

ČSN EN ISO 11664-4, *Kolorimetrie – Část 4: Kolorimetrický prostor CIE 1976  $L^*a^*b^*$* , Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011

## Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Abiotické poškození dřeva v exteriéru [11] .....	12
Tabulka č. 2: Použité nátěrové systémy při zrychlené zkoušce stárnutí projektu „Arwood“ [18] .....	29
Tabulka č. 3: Srovnání nátěrových systémů v exteriéru [31] .....	30
Tabulka č. 4: Srovnání nátěrových systémů vystavených expozici v přístroji Q-sun [31] .	30
Tabulka č. 5: Průměrné hodnoty měrné přilnavosti pro jednotlivé soubory zkušebních těles [29] .....	32
Tabulka č. 6: Volba brusného papíru pro úpravu dřevěného povrchu .....	36
Tabulka č. 7: Číselné značení vzorků .....	37
Tabulka č. 8: Zvolené nátěrové hmoty a jejich označení .....	37
Tabulka č. 9: Požadovaná a skutečná spotřeba, ředění a tloušťka mokrého filmu u základních vrstev nátěrových systémů .....	38
Tabulka č. 10: Požadovaná a skutečná spotřeba, ředění a tloušťka mokrého filmu u vrchních vrstev nátěrových systémů .....	39
Tabulka č. 11: Složení a základní informace z technických listů o základních nátěrových hmotách .....	40
Tabulka č. 12: Složení a základní informace z technických listů o vrchních nátěrových hmotách .....	40
Tabulka č. 13: Expoziční cykly zkoušky umělého stárnutí nátěrových hmot .....	44
Tabulka č. 14: Porovnání naměřených hodnot tloušťek suchého filmu optickou metodou s metodou akustickou na vzorcích vzorku $C^{Al(L)}$ 1, 7 a 13 .....	49
Tabulka č. 15: Tloušťky suchého filmu u porovnávaných nátěrových systémů $A^{Ak(K,D)}$ , $A^{Ak(K,B)}$ , $A^{Ak(L,D)}$ , $A^{Ak(L,B)}$ .....	50
Tabulka č. 16: Tloušťky suchého filmu porovnávaných u nátěrových systémů $B^{Al(K)}$ , $B^{Al(L)}$ .....	51

Tabulka č. 17: Tloušťky suchého filmu u porovnávaných nátěrových systémů $A^{Ak(L,D)}$ , $A^{Ak(L,B)}$ , $C^{Ak(L)}$ , $C^{Al(L)}$ .....	51
Tabulka č. 18: Tloušťky suchého filmu u porovnávaných nátěrových systémů $C^{Al(L)}$ , $B^{Al(L)}$ .....	52
Tabulka č. 19: Průměrné měsíční hodnoty klimatických podmínek při venkovní expozici ze stanice Brno, Tuřany [20] .....	53
Tabulka č. 20: Vypočítané průměrné hodnoty $\Delta E$ u jednotlivých nátěrových systémů při zkoušce přirozeného stárnutí .....	53
Tabulka č. 21: Vypočítané průměrné hodnoty $\Delta E$ u jednotlivých nátěrových systémů při zkoušce umělého stárnutí.....	58
Tabulka č. 22: Srovnání tlouštěk suchého filmu u akrylátových NS firmy AkzoNobel .....	62

## Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Porovnání velikosti pojiv [15].....	15
Obrázek č. 2: Schéma metodiky práce .....	34
Obrázek č. 3: Grafické znázornění volených typů nátěrových systémů.....	35
Obrázek č. 4: Vzorky ve venkovní expozici.....	43
Obrázek č. 5: CIELAB systém [7].....	45
Obrázek č. 6: PosiTector 200 .....	46
Obrázek č. 7: Spectrophotometers CM-600d .....	46
Obrázek č. 8: Q-SUN XE3HS      Obrázek č. 9: Q-SUN XE3 – zkušební komora [10] ...	47
Obrázek č. 10: Snímek vzorku $C^{Al(L)}$ 1 se změřenými tloušťkami NS, 100x zvětšeno .....	48
Obrázek č. 11: Snímky vzorku $C^{Al(L)}$ 7 se změřenými tloušťkami NS, 100x zvětšeno.....	48
Obrázek č. 12: Snímky vzorku $C^{Al(L)}$ 13 se změřenými tloušťkami NS, 100x zvětšeno.....	49

## Seznam grafů

Graf č. 1: Srovnání nátěrových systémů v exteriéru .....	30
Graf č. 2: Srovnání nátěrových systémů vystavených expozici v přístroji Q-sun.....	31
Graf č. 3: Porovnání krycího a lazurovacího typu akrylátového nátěrového systému a porovnání systému běžného a Duraflex.....	54
Graf č. 4: Porovnání krycího a lazurovacího typu alkydového nátěrového systému .....	55
Graf č. 5: Porovnání akrylátové a alkydové pojivové báze disperzních lazurovacích NS ..	56
Graf č. 6: Porovnání disperzního a roztokového NS .....	57
Graf č. 7: Vliv počtu vrstev u NS $C^{ak(K)}$ a $C^{ak(L)}$ a porovnání krycího a lazurovacího NS na změnu barevného odstínu během zkoušky umělého stárnutí .....	59
Graf č. 8: Vliv počtu vrstev u NS $C^{al(L)}$ a $C^{ak(L)}$ na změnu barevného odstínu během zkoušky umělého stárnutí a porovnání pojivové báze akrylátové a alkydové .....	60
Graf č. 9: Procentuální nárůst rozdílů změn barevného odstínu mezi NS s 1 a 3 vrchními vrstvami při porovnání NS $C^{ak(K)}$ , $C^{ak(L)}$ a $C^{Al(L)}$ .....	60
Graf č. 10: Procentuální nárůst rozdílů změn barevného odstínu mezi NS s 1 a 3 vrchními vrstvami při porovnání NS $A^{ak(K,D)}$ , $A^{ak(K,B)}$ , $A^{ak(L,D)}$ a $A^{Ak(L,B)}$ .....	61
Graf č. 11: Srovnání tloušťky NS se změnou barevného odstínu .....	62

## Seznam použitých zkratk

NS – nátěrový systém

NH – nátěrová hmota

Z – základní nátěrová hmota

vr. – vrchní nátěrová hmota

1. m – 1. měření, 2. m – 2. měření, 3. m – 3. měření

č.v. – číslo vzorku

pr. – průměr

UV – ultrafialové záření

VOC – těkavá organická látka (*volatile organic compound*)

Pozn. – poznámka

OKP - objemová koncentrace pigmentů neboli PVC (Pigment Volume Concentration)

KOKP - kritické objemové koncentrace pigmentu

## Seznam příloh

Příloha č. 1: Tabulka naměřených tloušťek suchého filmu akustickou metodou a jejich vypočítaných průměrů u vzorků 1-9

Příloha č. 2: Tabulka naměřených tloušťek suchého filmu akustickou metodou a jejich vypočítaných průměrů u vzorků 10-18

Příloha č. 3: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky přirozeného stárnutí nátěrového systému  $A^{ak(K,D)}$

Příloha č. 4: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky přirozeného stárnutí nátěrového systému  $A^{ak(K,B)}$

Příloha č. 5: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky přirozeného stárnutí nátěrového systému  $A^{ak(L,D)}$

Příloha č. 6: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky přirozeného stárnutí nátěrového systému  $A^{ak(L,B)}$

Příloha č. 7: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky přirozeného stárnutí nátěrového systému  $B^{al(K)}$

Příloha č. 8: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky přirozeného stárnutí nátěrového systému  $B^{al(L)}$

Příloha č. 9: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky přirozeného stárnutí nátěrového systému  $C^{ak(K)}$

Příloha č. 10: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky přirozeného stárnutí nátěrového systému  $C^{ak(L)}$

Příloha č. 11: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky přirozeného stárnutí nátěrového systému  $C^{al(L)}$

Příloha č. 12: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky umělého stárnutí nátěrového systému  $A^{ak(K,D)}$

Příloha č. 13: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky umělého stárnutí nátěrového systému  $A^{ak(K,B)}$

Příloha č. 14: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky umělého stárnutí nátěrového systému  $A^{ak(L,D)}$

Příloha č. 15: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky umělého stárnutí nátěrového systému  $A^{ak(L,B)}$

Příloha č. 16: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky umělého stárnutí nátěrového systému  $C^{ak(K)}$

Příloha č. 17: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky umělého stárnutí nátěrového systému  $C^{ak(L)}$

Příloha č. 18: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky umělého stárnutí nátěrového systému  $C^{al(L)}$

## Přílohy

Příloha č. 1: Tabulka naměřených tloušťek suchého filmu akustickou metodou a jejich vypočítaných průměrů u vzorků 1-9

ozn.		Číslo vzorku								
		Tloušťka suchého filmu [ $\mu\text{m}$ ]								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
$A^{\text{Ak(K,D)}}$	1. m	130	146	163	154	147	129	201	206	206
	2. m	140	148	162	147	149	144	202	204	202
	3. m	137	147	161	155	147	130	201	206	204
	Pr	136	147	162	152	148	134	201	205	204
$A^{\text{Ak(K,B)}}$	1. m	197	179	174	189	173	157	284	305	301
	2. m	171	181	174	192	172	163	275	306	303
	3. m	201	180	177	185	175	159	276	305	306
	Pr	190	180	175	189	173	160	278	305	303
$A^{\text{Ak(L,D)}}$	1. m	115	121	115	126	126	121	206	207	232
	2. m	133	137	130	142	137	120	206	207	233
	3. m	138	134	137	136	141	122	214	205	232
	Pr	129	131	127	135	135	121	209	206	232
$A^{\text{Ak(L,B)}}$	1. m	69	59	60	51	66	68	147	113	158
	2. m	70	56	55	63	61	71	135	115	145
	3. m	56	57	59	52	70	65	146	142	160
	Pr	65	57	58	55	66	68	143	123	154
$B^{\text{Al(K)}}$	1. m	60	56	67	65	62	72	98	98	92
	2. m	73	58	62	67	61	73	104	105	88
	3. m	74	56	62	68	61	73	97	102	100
	Pr	69	57	64	67	61	73	100	102	93
$B^{\text{Al(L)}}$	1. m	61	56	63	53	53	57	83	70	72
	2. m	60	57	60	55	61	58	75	81	82
	3. m	63	55	66	58	53	55	65	70	78
	Pr	61	56	63	55	56	57	74	74	77
$C^{\text{Ak(K)}}$	1. m	80	89	89	86	87	83	105	114	115
	2. m	81	88	86	91	88	83	107	115	117
	3. m	81	89	87	91	88	87	112	115	117
	Pr	81	89	87	89	88	84	108	115	116
$C^{\text{Ak(L)}}$	1. m	60	53	59	51	53	58	95	94	96
	2. m	59	51	53	53	51	58	94	94	97
	3. m	59	52	54	57	52	55	94	94	94
	Pr	59	52	55	54	52	57	94	94	96
$C^{\text{Al(L)}}$	1. m	66	67	60	65	62	65	91	97	98
	2. m	63	65	61	67	61	66	92	97	103
	3. m	65	64	66	70	61	66	91	97	108
	Pr	65	65	62	67	61	66	91	97	103



Příloha č. 2: Tabulka naměřených tloušťek suchého filmu akustickou metodou a jejich vypočítaných průměrů u vzorků 10-18

ozn.		Číslo vzorku								
		Tloušťka suchého filmu [ $\mu\text{m}$ ]								
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
$A^{\text{Ak(K,D)}}$	1. m	221	196	186	271	297	292	296	295	337
	2. m	226	196	183	274	296	293	297	297	337
	3. m	226	196	183	273	296	294	296	298	336
	Pr	224	196	184	273	296	293	296	297	337
$A^{\text{Ak(K,B)}}$	1. m	273	315	270	330	342	334	347	378	372
	2. m	277	322	275	335	343	341	371	379	372
	3. m	275	328	278	328	341	339	348	380	380
	Pr	275	322	274	331	342	338	355	379	375
$A^{\text{Ak(L,D)}}$	1. m	254	256	216	320	344	352	355	351	342
	2. m	253	250	217	318	343	350	354	351	339
	3. m	254	249	220	320	345	350	354	352	343
	Pr	254	252	218	319	344	351	354	351	341
$A^{\text{Ak(L,B)}}$	1. m	145	160	118	163	191	190	175	189	185
	2. m	134	138	117	170	183	178	168	202	184
	3. m	146	144	133	190	190	187	179	188	185
	Pr	142	147	123	174	188	185	174	193	185
$B^{\text{Al(K)}}$	1. m	98	113	94	122	114	144	127	111	107
	2. m	98	107	96	114	117	156	124	104	101
	3. m	106	105	93	114	117	158	127	102	111
	Pr	101	108	94	117	116	153	126	106	106
$B^{\text{Al(L)}}$	1. m	71	68	79	107	93	89	97	80	86
	2. m	77	71	94	111	96	91	111	84	105
	3. m	72	75	92	111	85	92	106	100	95
	Pr	73	71	88	110	91	91	105	88	95
$C^{\text{Ak(K)}}$	1. m	115	114	113	134	131	132	128	131	137
	2. m	115	112	113	134	134	131	129	131	133
	3. m	116	112	110	141	130	130	130	132	128
	Pr	115	113	112	136	132	131	129	131	133
$C^{\text{Ak(L)}}$	1. m	93	99	87	174	173	176	183	189	163
	2. m	92	99	87	173	176	175	179	187	165
	3. m	93	99	86	174	175	176	182	187	164
	Pr	93	99	87	174	175	176	181	188	164
$C^{\text{Al(L)}}$	1. m	90	113	114	161	168	195	172	163	152
	2. m	92	111	113	169	167	195	175	164	149
	3. m	94	112	114	163	170	194	174	164	150
	Pr	92	112	114	164	168	195	174	164	150

Příloha č. 3: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky přirozeného stárnutí nátěrového systému A<sup>ak(K,D)</sup>

	č. v.	L*	a*	b*	ΔE*		č. v.	L*	a*	b*	ΔE*
0. cyklus	4	38,78	18,19	17,69		5. cyklus	4	38,89	17,31	16,47	1,51
	5	38,74	18,23	17,73			5	38,96	17,28	16,42	1,63
	6	38,81	18,31	17,76			6	39,13	17,20	16,27	1,89
	10	38,52	18,09	17,55			10	38,65	17,20	16,33	1,52
	11	38,53	18,07	17,45			11	38,63	17,22	16,33	1,41
	12	38,46	18,05	17,40			12	38,63	17,28	16,38	1,29
	16	38,51	18,03	17,41			16	38,67	17,21	16,31	1,38
	17	38,55	18,07	17,55			17	38,67	17,29	16,41	1,39
	18	38,54	18,14	17,65			18	38,76	17,25	16,42	1,53
1. cyklus	4	38,83	17,89	17,29	0,50	6. cyklus	4	39,08	17,25	16,45	1,58
	5	38,81	17,95	17,37	0,46		5	38,96	17,44	16,66	1,35
	6	38,93	17,89	17,31	0,63		6	39,17	17,31	16,50	1,65
	10	38,77	17,53	16,89	0,90		10	38,66	17,30	16,49	1,33
	11	38,76	17,58	16,93	0,75		11	38,31	17,61	16,90	0,75
	12	38,70	17,58	16,89	0,73		12	38,39	17,52	16,74	0,85
	16	38,71	17,52	16,80	0,82		16	38,48	17,45	16,69	0,93
	17	38,76	17,61	16,91	0,82		17	38,68	17,36	16,56	1,23
	18	38,89	17,54	16,84	1,07		18	38,66	17,36	16,63	1,29
2. cyklus	4	38,81	17,61	16,81	1,05	7. cyklus	4	39,03	17,17	16,33	1,72
	5	38,78	17,71	16,95	0,94		5	38,96	17,30	16,51	1,55
	6	38,80	17,82	17,00	0,90		6	39,09	17,36	16,52	1,59
	10	38,47	17,56	16,84	0,89		10	38,64	17,24	16,41	1,43
	11	38,67	17,46	16,66	1,01		11	38,48	17,26	16,48	1,26
	12	38,61	17,49	16,62	0,97		12	38,57	17,30	16,46	1,21
	16	38,41	17,61	16,80	0,75		16	38,61	17,26	16,45	1,23
	17	38,53	17,58	16,83	0,87		17	38,56	17,35	16,63	1,17
	18	38,64	17,58	16,80	1,02		18	38,72	17,28	16,55	1,41
3. cyklus	4	38,80	17,51	16,67	1,23	8. cyklus	4	38,88	17,14	16,31	1,74
	5	38,85	17,57	16,72	1,21		5	38,93	17,31	16,52	1,53
	6	38,90	17,65	16,77	1,19		6	39,07	17,37	16,5	1,59
	10	38,63	17,31	16,44	1,36		10	38,7	17,04	16,18	1,74
	11	38,59	17,36	16,49	1,20		11	38,53	17,08	16,21	1,59
	12	38,69	17,23	16,31	1,38		12	38,64	17,11	16,17	1,56
	16	38,62	17,29	16,30	1,34		16	38,64	17,19	16,35	1,36
	17	38,67	17,36	16,49	1,28		17	38,74	17,19	16,36	1,49
	18	38,73	17,40	16,55	1,34		18	38,76	17,23	16,44	1,53
4. cyklus	4	38,91	17,31	16,43	1,54	9. cyklus	4	38,89	17,34	16,59	1,39
	5	38,87	17,41	16,55	1,44		5	38,90	17,40	16,67	1,36
	6	38,94	17,46	16,60	1,44		6	39,09	17,43	16,61	1,47
	10	38,72	17,16	16,28	1,59		10	38,63	17,10	16,25	1,64
	11	38,61	17,22	16,39	1,36		11	38,61	16,97	16,13	1,72
	12	38,57	17,22	16,35	1,34		12	38,73	16,94	16,00	1,81
	16	38,60	17,28	16,36	1,29		16	38,64	17,17	16,39	1,34
	17	38,63	17,38	16,51	1,25		17	38,64	17,22	16,47	1,38
	18	38,70	17,37	16,56	1,34		18	38,86	17,20	16,42	1,58

Příloha č. 4: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky přirozeného stárnutí nátěrového systému A<sub>ak(K,B)</sub>

	č. v.	L*	a*	b*	ΔE*		č. v.	L*	a*	b*	ΔE*
0. cyklus	4	38,72	18,18	17,65		5. cyklus	4	38,68	17,48	16,70	1,18
	5	38,70	18,15	17,59			5	38,66	17,48	16,69	1,12
	6	38,73	18,20	17,61			6	38,69	17,49	16,70	1,15
	10	38,76	18,13	17,66			10	38,74	17,34	16,54	1,37
	11	38,76	18,14	17,66			11	38,73	17,28	16,47	1,47
	12	38,77	18,12	17,60			12	38,72	17,33	16,57	1,30
	16	38,70	18,14	17,62			16	38,76	17,42	16,62	1,23
	17	38,66	18,13	17,57			17	38,80	17,43	16,64	1,17
	18	38,60	18,16	17,61			18	38,84	17,39	16,57	1,32
1. cyklus	4	38,72	17,79	17,13	0,65	6. cyklus	4	38,74	17,49	16,81	1,09
	5	38,70	17,80	17,16	0,55		5	38,56	17,61	16,97	0,83
	6	38,74	17,81	17,19	0,57		6	38,69	17,58	16,88	0,96
	10	38,94	17,51	16,92	0,98		10	38,64	17,49	16,84	1,05
	11	38,96	17,56	16,93	0,95		11	38,67	17,46	16,79	1,11
	12	39,01	17,55	16,95	0,90		12	38,79	17,39	16,70	1,16
	16	38,82	17,70	17,07	0,71		16	38,76	17,52	16,84	1,00
	17	38,91	17,54	16,95	0,89		17	38,69	17,59	16,96	0,82
	18	38,94	17,47	16,78	1,13		18	38,84	17,48	16,75	1,12
2. cyklus	4	38,66	17,63	16,84	0,98	7. cyklus	4	38,85	17,11	16,31	1,72
	5	38,66	17,61	16,77	0,98		5	38,84	17,21	16,39	1,53
	6	38,66	17,65	16,85	0,94		6	38,91	17,12	16,28	1,72
	10	38,61	17,55	16,78	1,06		10	38,78	17,18	16,41	1,57
	11	38,70	17,43	16,62	1,26		11	38,80	17,14	16,34	1,66
	12	38,72	17,43	16,60	1,22		12	38,88	17,08	16,26	1,70
	16	38,68	17,58	16,83	0,97		16	38,88	17,26	16,48	1,45
	17	38,59	17,64	16,90	0,83		17	38,85	17,29	16,49	1,38
	18	38,67	17,62	16,84	0,94		18	38,92	17,16	16,36	1,63
3. cyklus	4	38,63	17,60	16,80	1,03	8. cyklus	4	38,78	17,06	16,27	1,78
	5	38,56	17,56	16,74	1,04		5	38,76	17,03	16,18	1,80
	6	38,63	17,55	16,70	1,12		6	38,84	17,08	16,20	1,80
	10	38,67	17,45	16,65	1,22		10	38,80	16,95	16,13	1,93
	11	38,63	17,37	16,59	1,32		11	38,74	16,85	16,02	2,09
	12	38,55	17,45	16,74	1,11		12	38,78	16,89	16,06	1,97
	16	38,67	17,48	16,69	1,14		16	38,99	16,99	16,09	1,94
	17	38,72	17,49	16,69	1,09		17	38,95	17,04	16,18	1,79
	18	38,72	17,52	16,75	1,08		18	38,95	17,06	16,23	1,80
4. cyklus	4	38,69	17,54	16,76	1,10	9. cyklus	4	38,80	17,08	16,28	1,76
	5	38,70	17,46	16,69	1,13		5	38,81	17,10	16,25	1,71
	6	38,71	17,53	16,69	1,14		6	38,87	17,01	16,08	1,94
	10	38,71	17,34	16,51	1,40		10	38,79	16,97	16,17	1,89
	11	38,67	17,25	16,45	1,50		11	38,70	16,93	16,12	1,96
	12	38,70	17,32	16,54	1,33		12	38,76	16,96	16,15	1,86
	16	38,67	17,49	16,71	1,12		16	38,83	17,10	16,32	1,67
	17	38,79	17,45	16,62	1,18		17	38,90	17,13	16,35	1,60
	18	38,76	17,49	16,72	1,13		18	38,80	17,17	16,40	1,58

Příloha č. 5: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky přirozeného stárnutí nátěrového systému A<sup>ak(L,D)</sup>

	č. v.	L*	a*	b*	ΔE*		č. v.	L*	a*	b*	ΔE*
0. cyklus	4	33,93	13,83	13,41		5. cyklus	4	34,20	13,15	12,12	1,48
	5	34,44	14,86	14,36			5	34,84	14,49	13,34	1,16
	6	33,94	12,92	13,54			6	34,10	12,07	12,16	1,63
	10	31,55	10,39	9,17			10	31,95	9,71	8,33	1,15
	11	31,24	9,45	8,69			11	31,70	8,90	8,02	0,98
	12	31,31	9,56	8,93			12	31,61	8,87	8,08	1,14
	16	30,59	7,20	7,22			16	31,22	6,61	6,47	1,14
	17	30,45	7,16	7,13			17	31,15	7,02	6,69	0,84
	18	30,41	7,10	7,08			18	31,05	6,80	6,48	0,93
1. cyklus	4	34,10	13,23	12,76	0,90	6. cyklus	4	33,97	12,91	11,93	1,74
	5	35,14	15,23	14,64	0,84		5	35,02	14,49	13,41	1,17
	6	34,40	12,53	13,13	0,73		6	34,05	11,82	11,83	2,04
	10	32,32	9,99	8,72	0,98		10	31,95	9,86	8,52	0,93
	11	31,64	9,08	8,27	0,69		11	31,56	9,10	8,27	0,63
	12	31,85	9,00	8,22	1,05		12	31,65	8,96	8,19	1,01
	16	31,15	6,63	6,67	0,97		16	30,95	6,74	6,69	0,79
	17	31,11	6,85	6,77	0,81		17	31,11	6,89	6,76	0,80
	18	31,09	6,71	6,70	0,87		18	31,06	6,95	6,66	0,79
2. cyklus	4	34,30	13,88	13,22	0,42	7. cyklus	4	34,40	13,04	11,91	1,76
	5	35,12	15,07	14,31	0,71		5	34,83	13,75	12,46	2,23
	6	34,16	12,27	12,71	1,08		6	34,22	11,72	11,54	2,35
	10	31,98	9,89	8,55	0,91		10	32,26	9,61	8,13	1,48
	11	31,51	8,98	8,14	0,77		11	31,90	8,57	7,74	1,45
	12	31,72	9,12	8,31	0,86		12	31,83	8,65	7,83	1,52
	16	30,87	6,71	6,69	0,77		16	31,18	6,60	6,46	1,13
	17	30,90	7,10	6,80	0,56		17	31,23	6,87	6,66	0,96
	18	30,78	7,00	6,72	0,53		18	31,29	6,61	6,35	1,24
3. cyklus	4	34,24	13,08	12,26	1,41	8. cyklus	4	34,30	12,62	11,35	2,42
	5	35,01	14,60	13,64	0,95		5	34,70	13,38	12,09	2,72
	6	33,98	12,12	12,29	1,48		6	34,09	11,57	11,41	2,53
	10	32,06	9,82	8,43	1,06		10	32,40	9,43	7,98	1,75
	11	31,64	9,06	8,14	0,78		11	31,96	8,27	7,38	1,90
	12	31,81	9,04	8,21	1,02		12	32,05	8,38	7,51	1,99
	16	31,07	6,62	6,56	1,00		16	31,45	6,47	6,26	1,48
	17	31,12	7,01	6,69	0,82		17	31,42	6,65	6,38	1,33
	18	30,91	6,77	6,56	0,79		18	31,44	6,41	6,15	1,55
4. cyklus	4	34,05	13,13	12,08	1,51	9. cyklus	4	34,39	12,74	11,52	2,23
	5	34,85	14,42	13,38	1,15		5	34,83	13,63	12,33	2,41
	6	34,10	12,27	12,40	1,32		6	34,36	11,72	11,53	2,38
	10	32,02	9,81	8,43	1,05		10	32,37	9,21	7,80	1,99
	11	31,72	8,86	7,95	1,06		11	32,04	8,19	7,30	2,04
	12	31,89	9,12	8,26	0,99		12	32,18	8,36	7,50	2,06
	16	31,19	6,71	6,56	1,02		16	31,44	6,43	6,21	1,53
	17	31,16	6,85	6,61	0,93		17	31,39	6,81	6,44	1,22
	18	31,09	6,68	6,45	1,02		18	31,36	6,33	6,15	1,54

Příloha č. 6: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky přirozeného stárnutí nátěrového systému A<sub>ak(L,B)</sub>

	č. v.	L*	a*	b*	ΔE*		č. v.	L*	a*	b*	ΔE*
0. cyklus	4	41,18	11,41	20,10		5. cyklus	4	41,33	12,04	19,73	0,75
	5	40,36	9,81	18,44			5	39,47	9,25	16,30	2,38
	6	39,96	10,63	18,53			6	39,06	9,77	16,21	2,63
	10	36,95	11,73	16,32			10	36,37	10,18	13,75	3,06
	11	35,66	10,20	14,25			11	36,15	10,14	13,66	0,77
	12	36,39	11,05	15,73			12	36,46	10,31	14,13	1,76
	16	36,48	12,62	15,35			16	36,11	11,22	13,43	2,40
	17	35,20	11,25	13,27			17	35,20	10,10	11,87	1,81
	18	37,04	15,10	16,62			18	35,92	12,52	13,28	4,37
1. cyklus	4	41,63	11,75	20,40	0,64	6. cyklus	4	40,45	11,19	18,37	1,89
	5	39,99	9,56	17,58	0,97		5	39,65	9,67	16,62	1,96
	6	39,84	10,07	17,64	1,06		6	39,33	9,76	16,07	2,68
	10	36,67	10,52	14,51	2,20		10	36,14	10,25	14,08	2,80
	11	36,09	9,93	13,71	0,74		11	35,96	10,21	13,99	0,40
	12	37,19	11,19	15,61	0,82		12	36,61	10,75	14,87	0,94
	16	35,47	10,47	12,86	3,44		16	36,16	11,92	14,31	1,29
	17	34,94	9,84	11,88	2,00		17	34,66	9,54	11,47	2,54
	18	36,57	13,58	14,70	2,49		18	35,83	12,80	13,74	3,88
2. cyklus	4	41,78	12,14	20,77	1,16	7. cyklus	4	40,46	11,16	17,96	2,27
	5	39,61	9,07	16,77	1,97		5	39,07	8,97	15,32	3,48
	6	39,42	10,00	17,10	1,65		6	39,52	10,20	16,32	2,29
	10	36,09	10,17	14,09	2,85		10	36,91	10,72	14,16	2,38
	11	36,02	10,28	14,12	0,39		11	36,14	9,75	13,19	1,25
	12	36,66	10,74	15,15	0,71		12	36,75	10,54	14,24	1,62
	16	35,62	10,99	13,29	2,76		16	35,98	11,02	13,18	2,74
	17	34,88	10,46	12,30	1,29		17	34,77	9,23	11,09	3,00
	18	36,07	13,49	14,45	2,87		18	36,04	12,51	13,26	4,36
3. cyklus	4	41,08	11,71	19,59	0,60	8. cyklus	4	40,41	11,23	17,90	2,34
	5	39,58	9,30	16,67	2,00		5	38,83	8,75	15,18	3,75
	6	39,26	9,94	16,71	2,07		6	38,84	9,41	15,16	3,75
	10	36,39	10,62	14,42	2,27		10	36,56	9,83	13,02	3,83
	11	35,88	9,95	13,69	0,65		11	36,07	9,40	12,45	2,01
	12	36,76	10,92	15,11	0,73		12	36,66	10,02	13,41	2,55
	16	36,36	11,82	14,21	1,40		16	36,13	10,75	12,65	3,30
	17	35,64	11,17	13,08	0,49		17	35,56	10,41	11,99	1,57
	18	36,05	13,15	13,95	3,45		18	36,15	12,46	13,02	4,55
4. cyklus	4	41,01	11,87	19,46	0,81	9. cyklus	4	41,08	11,89	18,95	1,25
	5	39,12	9,03	15,86	2,97		5	39,17	9,05	15,47	3,29
	6	39,01	9,69	15,94	2,91		6	38,85	9,56	15,14	3,72
	10	36,32	10,18	13,82	3,01		10	36,59	9,95	13,10	3,70
	11	36,17	9,92	13,42	1,01		11	36,35	9,66	12,78	1,71
	12	36,51	10,48	14,27	1,57		12	36,44	9,60	13,01	3,08
	16	36,01	11,03	13,21	2,71		16	35,97	10,40	12,34	3,77
	17	35,69	11,22	12,97	0,58		17	35,33	9,89	11,49	2,24
	18	35,96	12,72	13,37	4,17		18	36,02	12,23	12,68	4,98

Příloha č. 7: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky přirozeného stárnutí nátěrového systému B<sup>al(K)</sup>

	č. v.	L*	a*	b*	ΔE*		č. v.	L*	a*	b*	ΔE*
0. cyklus	4	27,47	4,21	3,01		5. cyklus	4	28,65	3,81	2,48	1,35
	5	27,91	4,11	2,87			5	28,57	3,83	2,49	0,81
	6	27,94	4,14	2,86			6	28,62	3,78	2,42	0,89
	10	27,98	3,94	2,73			10	28,78	3,60	2,38	0,94
	11	27,98	3,94	2,71			11	28,53	3,65	2,45	0,67
	12	27,97	3,96	2,72			12	28,55	3,67	2,38	0,73
	16	28,04	3,80	2,61			16	29,04	3,47	2,27	1,11
	17	28,00	3,78	2,61			17	28,95	3,48	2,32	1,04
	18	28,01	3,82	2,60			18	28,97	3,52	2,25	1,06
1. cyklus	4	28,34	3,93	2,62	0,99	6. cyklus	4	28,64	3,77	2,61	1,31
	5	28,24	3,96	2,63	0,43		5	28,36	3,87	2,64	0,56
	6	28,35	3,94	2,63	0,51		6	28,72	3,77	2,48	0,94
	10	28,38	3,75	2,52	0,49		10	28,69	3,63	2,53	0,80
	11	28,37	3,75	2,38	0,55		11	28,63	3,62	2,56	0,74
	12	28,48	3,72	2,35	0,67		12	28,48	3,66	2,61	0,60
	16	28,37	3,62	2,41	0,43		16	29,09	3,45	2,44	1,12
	17	28,37	3,60	2,36	0,48		17	29,07	3,44	2,49	1,13
	18	28,26	3,66	2,38	0,37		18	29,00	3,50	2,48	1,05
2. cyklus	4	28,46	3,85	2,60	1,13	7. cyklus	4	29,02	3,64	2,48	1,73
	5	28,29	3,92	2,56	0,53		5	29,11	3,65	2,56	1,32
	6	28,23	3,94	2,64	0,42		6	29,07	3,67	2,56	1,26
	10	28,28	3,76	2,46	0,44		10	29,12	3,50	2,36	1,28
	11	28,35	3,72	2,45	0,50		11	28,96	3,50	2,37	1,13
	12	28,27	3,75	2,47	0,44		12	28,77	3,54	2,45	0,94
	16	28,33	3,63	2,43	0,38		16	29,20	3,40	2,38	1,25
	17	28,36	3,60	2,42	0,45		17	29,27	3,37	2,36	1,36
	18	28,45	3,61	2,33	0,56		18	29,24	3,42	2,34	1,32
3. cyklus	4	28,44	3,86	2,52	1,14	8. cyklus	4	29,00	3,68	2,49	1,70
	5	28,30	3,92	2,52	0,56		5	28,96	3,66	2,42	1,23
	6	28,40	3,91	2,50	0,63		6	28,90	3,62	2,45	1,17
	10	28,36	3,73	2,45	0,52		10	29,00	3,50	2,31	1,19
	11	28,45	3,69	2,36	0,64		11	28,29	3,59	2,61	0,48
	12	28,47	3,70	2,37	0,66		12	28,88	3,49	2,34	1,09
	16	28,55	3,56	2,35	0,62		16	29,40	3,35	2,30	1,47
	17	28,56	3,55	2,32	0,67		17	29,42	3,32	2,29	1,53
	18	28,53	3,58	2,37	0,62		18	29,25	3,39	2,24	1,36
4. cyklus	4	28,68	3,78	2,42	1,41	9. cyklus	4	29,02	3,62	2,46	1,75
	5	28,56	3,85	2,52	0,78		5	28,78	3,70	2,48	1,04
	6	28,63	3,81	2,51	0,84		6	28,91	3,65	2,45	1,16
	10	28,46	3,68	2,39	0,64		10	29,09	3,47	2,31	1,28
	11	28,13	3,74	2,54	0,30		11	29,03	3,44	2,38	1,21
	12	28,28	3,72	2,44	0,48		12	29,22	3,45	2,32	1,41
	16	28,79	3,50	2,29	0,87		16	29,44	3,34	2,33	1,50
	17	28,76	3,49	2,30	0,87		17	29,30	3,35	2,34	1,40
	18	28,80	3,55	2,27	0,90		18	29,21	3,39	2,39	1,29

Příloha č. 8: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky přirozeného stárnutí nátěrového systému B<sup>al(L)</sup>

	č. v.	L*	a*	b*	ΔE*		č. v.	L*	a*	b*	ΔE*
0. cyklus	4	47,17	26,34	33,62		5. cyklus	4	44,46	23,74	25,57	8,88
	5	50,43	25,43	36,42			5	46,24	23,33	29,16	8,64
	6	49,84	27,01	38,42			6	46,91	24,86	29,70	9,45
	10	41,95	25,42	26,60			10	41,33	22,78	20,89	6,32
	11	42,79	25,80	28,04			11	40,83	21,95	19,84	9,27
	12	41,45	25,76	25,82			12	41,69	23,37	21,13	5,27
	16	38,15	22,71	20,22			16	38,68	20,40	16,13	4,73
	17	40,68	24,95	24,46			17	39,17	20,53	16,78	8,99
	18	39,62	24,22	22,58			18	39,85	21,55	17,89	5,40
1. cyklus	4	47,11	25,36	31,53	2,31	6. cyklus	4	44,89	24,15	26,21	8,06
	5	49,90	24,40	34,22	2,49		5	46,51	22,75	27,77	9,87
	6	48,68	25,57	34,97	3,91		6	47,19	24,72	29,18	9,88
	10	42,14	23,95	24,28	2,75		10	41,78	23,54	22,23	4,76
	11	42,27	23,72	24,50	4,14		11	40,94	22,40	20,59	8,40
	12	41,51	24,28	23,65	2,63		12	41,05	22,98	20,27	6,22
	16	38,32	21,59	18,67	1,92		16	38,14	20,28	16,13	4,76
	17	40,08	22,90	21,47	3,67		17	39,68	22,17	19,24	6,00
	18	39,68	22,87	20,96	2,11		18	40,11	22,61	19,38	3,62
2. cyklus	4	46,44	24,98	30,20	3,75	7. cyklus	4	45,05	24,13	25,75	8,44
	5	48,84	24,44	33,07	3,84		5	45,85	21,97	26,50	11,46
	6	48,55	25,57	34,07	4,76		6	46,59	24,54	28,76	10,49
	10	41,91	24,24	24,46	2,44		10	41,38	22,82	20,61	6,55
	11	42,14	24,28	24,72	3,71		11	40,44	21,73	18,94	10,24
	12	41,52	24,34	23,52	2,70		12	41,40	23,06	20,21	6,23
	16	38,04	21,65	18,62	1,92		16	38,43	20,14	15,70	5,21
	17	39,28	22,91	21,19	4,10		17	38,80	20,61	16,75	9,05
	18	38,91	22,10	19,40	3,89		18	39,16	21,14	17,18	6,23
3. cyklus	4	46,16	24,75	28,81	5,17	8. cyklus	4	44,02	22,53	24,04	10,78
	5	48,04	24,23	31,33	5,75		5	43,12	19,06	22,69	16,81
	6	48,17	25,48	32,46	6,38		6	45,89	23,63	26,93	12,61
	10	41,85	23,93	23,58	3,37		10	41,30	22,71	20,15	7,03
	11	41,01	22,78	21,60	7,33		11	40,51	21,07	17,97	11,36
	12	41,58	23,85	22,23	4,07		12	41,75	22,78	19,71	6,80
	16	38,23	20,83	17,35	3,43		16	38,66	20,11	15,53	5,39
	17	39,31	21,58	18,91	6,64		17	38,70	20,16	16,14	9,80
	18	38,85	21,34	18,37	5,16		18	38,74	20,29	15,87	7,83
4. cyklus	4	45,75	24,48	27,56	6,50	9. cyklus	4	44,33	23,82	24,95	9,46
	5	47,09	23,67	29,67	7,73		5	43,18	19,47	23,39	16,06
	6	47,81	25,25	31,39	7,53		6	45,89	23,85	27,18	12,33
	10	41,42	23,40	22,37	4,72		10	41,30	22,73	20,25	6,93
	11	40,74	22,39	20,95	8,13		11	40,93	21,89	19,14	9,90
	12	41,34	23,89	22,20	4,08		12	41,41	22,94	19,87	6,58
	16	38,44	20,42	16,44	4,43		16	38,58	20,20	15,51	5,35
	17	39,30	21,13	17,95	7,67		17	38,58	20,11	16,03	9,94
	18	38,39	20,34	16,57	7,26		18	38,90	20,58	16,22	7,36

Příloha č. 9: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky přirozeného stárnutí nátěrového systému C<sup>ak(K)</sup>

	č. v.	L*	a*	b*	ΔE*		č. v.	L*	a*	b*	ΔE*
0. cyklus	4	30,25	10,58	8,46		5. cyklus	4	30,86	10,27	8,09	0,78
	5	30,27	10,55	8,39			5	30,85	10,20	7,99	0,79
	6	30,29	10,60	8,45			6	30,82	10,27	8,11	0,71
	10	30,11	10,25	8,23			10	30,87	9,92	7,85	0,91
	11	30,18	10,23	8,19			11	30,81	10,01	7,87	0,74
	12	30,09	10,28	8,26			12	30,85	9,95	7,82	0,94
	16	30,05	10,34	8,23			16	30,72	10,04	7,84	0,83
	17	30,05	10,32	8,30			17	30,77	10,07	7,92	0,85
	18	30,11	10,30	8,21			18	30,80	10,02	7,85	0,83
1. cyklus	4	30,50	10,38	8,28	0,37	6. cyklus	4	30,76	10,40	8,30	0,56
	5	30,48	10,39	8,27	0,29		5	30,80	10,32	8,26	0,59
	6	30,61	10,38	8,27	0,43		6	30,82	10,37	8,22	0,62
	10	30,96	9,80	7,71	1,09		10	30,83	10,01	8,05	0,78
	11	30,72	9,91	7,84	0,72		11	30,82	10,06	8,06	0,67
	12	30,80	9,90	7,78	0,94		12	30,75	10,10	8,05	0,72
	16	30,62	9,96	7,81	0,80		16	30,59	10,19	8,18	0,56
	17	30,45	10,07	7,93	0,60		17	30,75	10,14	8,19	0,73
	18	30,61	10,01	7,83	0,69		18	30,38	10,36	8,37	0,32
2. cyklus	4	30,61	10,28	8,10	0,59	7. cyklus	4	31,08	10,24	8,08	0,97
	5	30,77	10,12	7,92	0,81		5	31,04	10,22	8,12	0,88
	6	30,56	10,28	8,12	0,53		6	31,17	10,16	8,04	1,07
	10	30,63	9,92	7,83	0,73		10	31,06	9,87	7,82	1,10
	11	30,68	9,91	7,81	0,70		11	31,03	9,98	7,92	0,93
	12	30,68	9,89	7,80	0,84		12	31,05	9,93	7,86	1,10
	16	30,47	10,04	7,88	0,62		16	30,84	10,09	8,03	0,85
	17	30,26	10,15	8,10	0,34		17	31,11	9,95	7,94	1,18
	18	30,52	10,06	7,86	0,59		18	30,88	10,08	8,01	0,83
3. cyklus	4	30,84	10,26	8,01	0,81	8. cyklus	4	30,89	10,28	8,15	0,77
	5	30,82	10,18	7,98	0,78		5	30,81	10,32	8,19	0,62
	6	30,76	10,31	8,10	0,65		6	31,11	10,17	7,97	1,04
	10	30,88	9,84	7,74	1,00		10	31,06	9,90	7,83	1,09
	11	30,84	9,90	7,78	0,84		11	31,07	9,96	7,89	0,98
	12	30,81	9,89	7,78	0,95		12	31,07	9,96	7,93	1,08
	16	30,77	9,93	7,71	0,98		16	30,87	9,95	7,87	0,98
	17	31,20	9,74	7,60	1,47		17	30,97	10,01	7,94	1,04
	18	30,77	9,97	7,77	0,86		18	30,99	10,04	7,96	0,95
4. cyklus	4	31,14	10,06	7,80	1,22	9. cyklus	4	30,99	10,24	8,12	0,88
	5	31,04	10,01	7,79	1,12		5	30,69	10,33	8,22	0,50
	6	30,91	10,13	7,97	0,91		6	31,03	10,23	8,08	0,91
	10	30,92	9,88	7,72	1,03		10	31,05	9,90	7,86	1,07
	11	30,96	9,87	7,77	0,96		11	31,10	9,95	7,91	1,00
	12	31,05	9,79	7,60	1,26		12	31,08	9,96	7,89	1,10
	16	30,70	10,00	7,82	0,84		16	31,00	9,96	7,90	1,08
	17	30,79	10,01	7,90	0,90		17	30,94	10,05	7,97	0,99
	18	30,88	9,96	7,78	0,95		18	30,99	10,04	7,97	0,95



Příloha č. 10: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky přirozeného stárnutí nátěrového systému  $C^{ak(L)}$

	č. v.	L*	a*	b*	$\Delta E^*$		č. v.	L*	a*	b*	$\Delta E^*$
0. cyklus	4	42,44	26,07	25,81		5. cyklus	4	41,13	23,77	22,58	4,18
	5	43,24	26,47	26,98			5	41,60	24,11	23,36	4,62
	6	41,38	25,18	24,01			6	40,20	22,82	20,87	4,10
	10	33,31	15,64	11,91			10	33,61	14,69	11,10	1,28
	11	32,99	14,76	11,32			11	33,37	13,87	10,39	1,34
	12	33,54	16,04	12,24			12	33,79	14,69	11,12	1,77
	16	31,04	7,98	7,93			16	31,43	7,04	6,86	1,48
	17	31,14	7,72	7,83			17	31,72	6,95	7,15	1,18
	18	31,35	8,59	8,34			18	32,34	8,17	8,26	1,08
1. cyklus	4	42,25	25,23	24,88	1,27	6. cyklus	4	41,20	24,00	23,14	3,60
	5	42,73	25,44	25,78	1,66		5	41,64	24,28	23,80	4,18
	6	41,01	24,03	22,59	1,86		6	40,21	23,06	21,35	3,60
	10	33,56	14,77	11,07	1,23		10	33,36	14,88	11,38	0,93
	11	33,26	13,92	10,40	1,27		11	33,11	14,16	10,77	0,82
	12	33,78	14,88	11,25	1,54		12	33,47	14,90	11,51	1,36
	16	31,31	7,53	7,39	0,75		16	31,55	6,96	6,94	1,51
	17	31,33	7,38	7,40	0,58		17	31,61	7,00	7,33	0,99
	18	31,91	8,17	7,95	0,80		18	32,18	8,21	8,32	0,91
2. cyklus	4	41,86	24,84	24,16	2,14	7. cyklus	4	40,79	23,36	21,94	5,00
	5	42,49	25,22	25,28	2,24		5	41,46	23,98	23,06	4,97
	6	40,88	24,06	22,55	1,91		6	40,10	22,81	20,92	4,10
	10	33,38	15,20	11,45	0,64		10	33,71	14,52	10,99	1,50
	11	33,11	14,11	10,58	0,99		11	33,37	13,90	10,48	1,26
	12	33,64	15,32	11,58	0,98		12	33,65	14,53	11,19	1,84
	16	31,20	7,48	7,39	0,75		16	31,58	6,97	6,88	1,55
	17	31,31	7,29	7,38	0,65		17	31,81	6,90	7,22	1,22
	18	31,65	8,31	8,15	0,45		18	32,67	8,07	8,33	1,42
3. cyklus	4	41,81	24,56	23,77	2,62	8. cyklus	4	40,59	22,90	21,42	5,72
	5	42,33	24,83	24,66	2,98		5	41,00	23,26	22,03	6,31
	6	40,65	23,49	21,89	2,81		6	39,95	22,56	20,64	4,50
	10	33,52	14,64	11,05	1,34		10	33,73	14,41	10,86	1,67
	11	33,30	13,86	10,48	1,27		11	33,34	13,88	10,43	1,30
	12	33,69	14,77	11,24	1,62		12	33,84	14,67	11,22	1,73
	16	31,35	7,35	7,34	0,92		16	31,61	6,92	6,82	1,64
	17	31,45	7,26	7,49	0,65		17	31,77	6,80	7,12	1,32
	18	32,05	8,22	8,19	0,81		18	32,75	7,96	8,26	1,54
4. cyklus	4	41,66	24,05	22,94	3,60	9. cyklus	4	40,43	23,14	21,73	5,41
	5	41,97	24,33	23,84	4,01		5	41,21	23,77	22,79	5,38
	6	40,33	23,04	21,23	3,66		6	40,11	22,78	20,99	4,06
	10	33,23	15,02	11,53	0,73		10	33,73	14,68	11,06	1,35
	11	33,44	13,89	10,42	1,33		11	33,30	13,93	10,47	1,23
	12	33,82	14,68	11,14	1,77		12	33,78	14,89	11,43	1,43
	16	31,54	7,18	7,05	1,29		16	31,40	6,94	6,93	1,49
	17	31,65	7,10	7,30	0,96		17	31,74	6,82	7,22	1,24
	18	32,19	8,22	8,35	0,92		18	32,35	8,09	8,43	1,12

Příloha č. 11: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky přirozeného stárnutí nátěrového systému C<sup>al(L)</sup>

	č. v.	L*	a*	b*	ΔE*		č. v.	L*	a*	b*	ΔE*
0. cyklus	4	35,71	19,93	16,87	35,71	5. cyklus	4	34,73	17,92	14,58	3,20
	5	35,88	20,15	17,25	35,88		5	35,17	18,24	14,86	3,14
	6	35,32	19,50	16,55	35,32		6	35,47	18,78	15,37	1,39
	10	33,23	13,47	12,65	33,23		10	32,57	12,67	10,68	2,23
	11	32,26	12,01	11,70	32,26		11	31,67	10,56	9,38	2,80
	12	32,93	12,35	12,11	32,93		12	32,41	11,81	10,12	2,13
	16	32,49	10,71	11,61	32,49		16	31,70	9,09	9,02	3,16
	17	32,61	10,67	11,61	32,61		17	31,67	9,12	9,03	3,15
	18	32,54	10,76	11,64	32,54		18	31,72	9,13	8,97	3,23
1. cyklus	4	35,81	19,13	15,73	35,81	6. cyklus	4	34,60	18,19	15,05	2,75
	5	36,20	19,88	16,60	36,20		5	34,48	18,52	15,23	2,95
	6	35,96	19,44	16,18	35,96		6	34,85	18,72	15,44	1,44
	10	33,25	12,77	11,13	33,25		10	32,10	12,98	11,08	2,00
	11	32,09	10,77	9,85	32,09		11	31,00	10,58	9,61	2,83
	12	32,85	11,92	10,77	32,85		12	31,58	12,19	10,64	2,00
	16	32,22	9,59	9,80	32,22		16	31,29	9,18	9,19	3,10
	17	32,20	9,62	9,83	32,20		17	31,20	9,16	9,24	3,14
	18	32,20	9,65	9,81	32,20		18	31,20	9,36	9,29	3,05
2. cyklus	4	35,50	18,74	15,30	35,50	7. cyklus	4	34,56	17,75	14,65	3,32
	5	35,20	18,32	14,92	35,20		5	34,98	18,48	15,17	2,82
	6	35,75	19,26	15,87	35,75		6	34,4	17,97	14,64	2,61
	10	32,95	12,89	11,12	32,95		10	32,64	12,78	10,83	2,03
	11	31,82	10,79	9,82	31,82		11	31,44	10,52	9,51	2,77
	12	32,69	11,95	10,59	32,69		12	32,24	11,79	10,22	2,09
	16	31,97	9,55	9,68	31,97		16	31,56	9,19	9,13	3,05
	17	31,93	9,60	9,81	31,93		17	31,65	9,15	9,12	3,07
	18	31,90	9,65	9,76	31,90		18	31,65	9,2	9,06	3,14
3. cyklus	4	35,20	18,29	14,87	35,20	8. cyklus	4	34,44	17,36	14,01	4,05
	5	35,33	18,56	15,11	35,33		5	34,77	18,19	14,83	3,31
	6	35,23	18,29	14,89	35,23		6	34,67	18,18	14,81	2,28
	10	32,84	12,61	10,72	32,84		10	32,58	12,54	10,54	2,40
	11	31,89	10,63	9,56	31,89		11	31,54	10,41	9,25	3,01
	12	32,57	11,64	10,17	32,57		12	32,31	11,68	10,04	2,26
	16	31,98	9,37	9,37	31,98		16	31,55	9,07	8,94	3,27
	17	32,01	9,43	9,45	32,01		17	31,46	9,10	9,04	3,22
	18	31,95	9,53	9,42	31,95		18	31,54	9,15	8,96	3,28
4. cyklus	4	35,01	17,94	14,54	35,01	9. cyklus	4	34,53	18,00	14,73	3,11
	5	35,20	18,21	14,77	35,20		5	34,41	17,98	14,65	3,69
	6	35,47	18,52	15,13	35,47		6	34,03	17,66	14,39	3,12
	10	32,85	12,65	10,70	32,85		10	32,58	12,78	10,71	2,16
	11	31,88	10,58	9,54	31,88		11	31,40	10,50	9,33	2,94
	12	32,59	11,77	10,17	32,59		12	32,12	11,75	10,16	2,20
	16	31,97	9,26	9,16	31,97		16	31,51	9,10	9,03	3,20
	17	31,94	9,33	9,25	31,94		17	31,62	9,11	9,02	3,18
	18	31,90	9,41	9,29	31,90		18	31,56	9,18	9,00	3,23

Příloha č. 12: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky umělého stárnutí nátěrového systému A<sup>ak(K,D)</sup>

	č. v.	L*	a*	b*	ΔE*		č. v.	L*	a*	b*	ΔE*
0. cyklus	1	38,78	18,25	17,71		5. cyklus	1	39,97	16,91	15,94	2,52
	2	38,77	18,22	17,67			2	39,70	17,13	16,28	2,00
	3	38,77	18,14	17,64			3	39,56	17,09	16,31	1,87
	13	38,49	18,10	17,52			13	39,18	17,10	16,44	1,63
	14	38,48	18,08	17,47			14	39,23	17,39	16,77	1,24
	15	38,53	18,07	17,49			15	39,65	16,80	15,87	2,34
1. cyklus	1	38,81	17,97	17,49	0,36	6. cyklus	1	39,95	16,91	15,89	2,54
	2	38,86	17,95	17,43	0,37		2	40,83	16,32	14,94	3,91
	3	38,91	17,92	17,44	0,33		3	39,85	16,79	15,83	2,50
	13	38,74	17,93	17,56	0,30		13	39,39	17,18	16,50	1,64
	14	38,78	17,77	17,25	0,48		14	39,50	17,10	16,34	1,81
	15	38,68	17,77	17,27	0,40		15	39,14	17,09	16,46	1,55
2. cyklus	1	39,29	17,81	17,51	0,70	7. cyklus	1	40,57	16,38	15,28	3,55
	2	39,41	17,73	17,46	0,83		2	42,39	15,19	13,73	6,15
	3	39,21	17,80	17,61	0,56		3	41,19	15,81	14,38	4,68
	13	39,18	17,70	17,42	0,80		13	40,24	16,43	15,34	3,26
	14	39,06	17,76	17,44	0,66		14	40,26	16,38	15,08	3,43
	15	39,06	17,42	17,00	0,97		15	40,32	16,27	15,09	3,49
3. cyklus	1	39,31	17,67	17,13	0,98	8. cyklus	1	40,69	16,06	14,57	4,28
	2	39,33	17,69	17,20	0,90		2	41,24	15,60	14,20	5,00
	3	39,05	17,77	17,46	0,50		3	41,11	15,65	14,07	4,94
	13	39,11	17,51	17,06	0,97		13	40,11	16,33	15,08	3,42
	14	39,03	17,71	17,28	0,69		14	40,35	16,01	14,28	4,24
	15	38,98	17,52	17,06	0,83		15	39,96	16,17	14,94	3,49
4. cyklus	1	39,57	17,45	16,70	1,51	9. cyklus	1	41,67	15,55	14,13	5,33
	2	39,62	17,32	16,62	1,62		2	41,05	15,88	14,85	4,32
	3	39,22	17,50	16,93	1,06		3	40,99	15,69	14,30	4,70
	13	39,11	17,45	16,91	1,09		13	40,95	15,71	14,27	4,73
	14	38,90	17,53	17,09	0,79		14	40,92	15,18	13,31	5,63
	15	39,16	17,29	16,67	1,30		15	41,31	15,62	14,11	5,02

Příloha č. 13: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky umělého stárnutí nátěrového systému A<sup>ak(K,B)</sup>

	č. v.	L*	a*	b*	ΔE*		č. v.	L*	a*	b*	ΔE*
0. cyklus	1	38,70	18,20	17,67		5. cyklus	1	38,24	18,39	18,88	1,31
	2	38,71	18,16	17,62			2	39,80	16,88	15,83	2,46
	3	38,73	18,14	17,60			3	39,46	17,19	16,22	1,83
	13	38,67	18,21	17,68			13	39,31	17,32	16,60	1,54
	14	38,69	18,17	17,64			14	39,60	17,12	16,31	1,92
	15	38,69	18,16	17,62			15	39,64	16,96	16,26	2,05
1. cyklus	1	38,77	17,97	17,54	0,27	6. cyklus	1	38,31	17,46	17,42	0,87
	2	38,65	17,89	17,40	0,35		2	39,64	17,01	16,22	2,04
	3	38,63	18,00	17,60	0,17		3	39,74	17,08	16,16	2,05
	13	38,74	17,99	17,56	0,26		13	40,94	16,60	15,84	3,34
	14	38,79	17,94	17,49	0,29		14	40,57	16,18	15,30	3,60
	15	38,66	17,90	17,47	0,30		15	40,16	15,95	15,21	3,59
2. cyklus	1	38,76	17,93	17,77	0,29	7. cyklus	1	38,84	17,03	16,55	1,63
	2	38,77	18,02	17,91	0,33		2	39,98	16,81	16,10	2,40
	3	38,95	18,12	18,00	0,46		3	39,73	17,02	16,27	2,01
	13	38,91	18,12	18,09	0,48		13	40,75	16,53	15,76	3,29
	14	38,99	18,00	17,87	0,41		14	40,79	16,43	15,59	3,41
	15	38,87	17,95	17,83	0,35		15	40,91	16,21	15,49	3,64
3. cyklus	1	38,74	17,82	17,56	0,40	8. cyklus	1	39,02	16,21	15,47	2,98
	2	38,74	17,93	17,72	0,25		2	40,38	16,54	15,95	2,86
	3	39,24	17,86	17,50	0,59		3	39,50	17,15	16,48	1,68
	13	39,67	17,52	16,83	1,48		13	39,60	16,91	16,12	2,23
	14	39,73	17,39	16,67	1,62		14	39,42	16,88	16,04	2,18
	15	39,96	16,31	15,45	3,12		15	39,59	16,63	15,83	2,52
4. cyklus	1	38,85	17,70	17,31	0,63	9. cyklus	1	39,39	16,16	15,42	3,11
	2	39,38	17,45	16,64	1,38		2	39,42	17,14	16,57	1,63
	3	38,99	17,66	17,08	0,75		3	39,62	17,08	16,46	1,79
	13	40,92	16,90	16,05	3,07		13	40,07	16,41	15,35	3,26
	14	40,79	16,75	15,82	3,12		14	39,76	16,68	15,69	2,68
	15	40,68	16,64	15,84	3,07		15	40,00	16,36	15,35	3,18

Příloha č. 14: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky umělého stárnutí nátěrového systému A<sup>ak(L,D)</sup>

	č. v.	L*	a*	b*	ΔE*		č. v.	L*	a*	b*	ΔE*
0. cyklus	1	33,82	14,13	13,41		5. cyklus	1	31,65	10,70	9,65	5,53
	2	33,47	13,52	12,80			2	31,44	9,64	8,96	5,82
	3	33,86	13,76	13,45			3	32,65	11,72	10,93	3,46
	13	30,75	8,09	7,60			13	29,87	5,89	6,64	2,56
	14	30,49	7,11	7,12			14	29,30	5,04	6,02	2,63
	15	30,62	7,42	7,32			15	30,38	6,66	7,15	0,81
1. cyklus	1	33,44	13,34	12,43	1,31	6. cyklus	1	31,86	10,92	9,78	5,23
	2	33,20	12,86	12,00	1,07		2	30,82	8,61	7,93	7,41
	3	33,89	13,70	13,32	0,15		3	32,80	12,06	11,26	2,97
	13	30,66	7,17	7,18	1,02		13	29,11	5,07	6,11	3,75
	14	30,62	6,91	7,04	0,25		14	29,06	4,67	5,75	3,14
	15	30,67	7,25	7,27	0,18		15	29,62	5,54	6,43	2,31
2. cyklus	1	32,66	11,98	11,11	3,36	7. cyklus	1	31,48	9,79	8,89	6,69
	2	32,87	12,29	11,33	2,01		2	31,39	8,68	8,00	7,13
	3	33,74	13,24	12,81	0,83		3	33,00	11,32	10,38	4,01
	13	30,62	6,99	7,38	1,13		13	30,38	4,77	5,62	3,88
	14	30,65	6,71	7,06	0,43		14	29,40	4,83	5,83	2,84
	15	30,69	7,17	7,42	0,28		15	29,34	4,99	6,04	3,03
3. cyklus	1	32,18	11,35	10,45	4,38	8. cyklus	1	30,50	7,90	7,15	9,44
	2	31,43	10,08	9,07	5,47		2	29,22	5,21	5,23	12,02
	3	33,31	12,81	12,20	1,66		3	31,94	9,52	8,48	6,81
	13	30,16	5,79	6,59	2,58		13	30,13	4,17	5,10	4,69
	14	30,08	5,87	6,56	1,42		14	29,62	4,29	5,30	3,47
	15	30,45	6,81	7,13	0,66		15	29,28	4,36	5,34	3,88
4. cyklus	1	31,76	10,77	9,73	5,39	9. cyklus	1	30,13	6,33	6,14	11,28
	2	30,83	9,35	8,52	6,53		2	29,90	5,68	5,66	11,19
	3	32,88	12,27	11,58	2,58		3	32,10	8,74	8,18	7,49
	13	30,02	5,86	6,64	2,54		13	29,49	4,07	5,01	4,95
	14	29,92	5,54	6,31	1,86		14	29,69	4,20	5,22	3,57
	15	30,30	6,45	6,98	1,08		15	29,43	4,13	4,96	4,22

Příloha č. 15: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky umělého stárnutí nátěrového systému A<sup>ak(L,B)</sup>

	č. v.	L*	a*	b*	ΔE*		č. v.	L*	a*	b*	ΔE*
0. cyklus	1	45,60	13,82	26,12		5. cyklus	1	37,76	10,75	14,61	14,26
	2	45,34	13,55	25,47			2	37,73	9,22	14,03	14,41
	3	41,94	12,10	21,23			3	35,24	8,94	11,56	12,18
	13	35,87	11,65	14,46			13	32,07	7,61	8,60	8,07
	14	36,85	13,29	16,10			14	32,63	8,46	9,32	9,33
	15	34,92	10,34	12,73			15	31,90	6,85	8,16	6,50
1. cyklus	1	43,34	13,85	24,00	3,10	6. cyklus	1	37,32	9,22	13,01	16,17
	2	42,17	12,43	21,75	5,01		2	37,18	8,08	12,40	16,35
	3	40,45	12,94	19,92	2,15		3	36,30	8,46	11,52	11,80
	13	35,14	10,67	13,22	1,74		13	31,65	6,79	7,73	9,31
	14	36,00	12,34	14,85	1,79		14	31,55	6,42	7,28	12,37
	15	34,60	9,99	12,51	0,52		15	31,20	5,37	6,54	8,77
2. cyklus	1	40,81	13,48	20,77	7,19	7. cyklus	1	37,68	7,97	12,56	16,76
	2	40,04	11,23	18,84	8,80		2	37,20	6,67	11,65	17,45
	3	39,74	13,12	19,13	3,21		3	36,02	7,47	10,65	12,98
	13	35,05	10,77	13,17	1,76		13	32,30	7,32	8,13	8,46
	14	35,26	11,22	13,52	3,67		14	32,82	7,81	8,54	10,17
	15	34,21	9,54	11,80	1,42		15	31,50	5,44	6,38	8,72
3. cyklus	1	39,27	13,00	18,62	9,85	8. cyklus	1	36,68	6,47	10,96	19,06
	2	40,24	12,67	19,12	8,19		2	37,54	6,55	11,92	17,13
	3	37,64	11,58	15,79	6,95		3	36,07	6,94	10,51	13,27
	13	34,27	9,98	12,25	3,20		13	29,53	3,17	4,09	14,82
	14	34,17	10,43	12,20	5,53		14	31,17	5,06	5,99	14,22
	15	33,46	8,93	11,03	2,65		15	30,64	3,79	5,00	11,00
4. cyklus	1	38,79	12,44	17,03	11,44	9. cyklus	1	37,44	6,32	12,01	17,94
	2	38,07	9,90	15,07	13,20		2	37,84	6,37	12,37	16,72
	3	36,09	10,54	13,33	9,95		3	36,13	6,31	10,50	13,51
	13	33,16	8,83	10,30	5,71		13	29,54	3,46	4,31	14,50
	14	32,91	8,69	9,99	8,60		14	31,48	4,58	5,57	14,68
	15	32,94	8,17	9,95	4,04		15	30,80	3,92	5,11	10,78

Příloha č. 16: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky umělého stárnutí nátěrového systému  $C^{ak(K)}$

	č. v.	L*	a*	b*	$\Delta E^*$		č. v.	L*	a*	b*	$\Delta E^*$
0. cyklus	1	30,31	10,53	8,39		5. cyklus	1	36,29	11,93	10,10	6,38
	2	30,31	10,52	8,38			2	33,86	11,42	9,27	3,77
	3	30,25	10,56	8,46			3	33,26	11,36	9,36	3,24
	13	30,21	10,24	8,17			13	31,31	10,93	8,97	1,53
	14	30,10	10,31	8,24			14	31,28	11,02	9,03	1,59
	15	30,14	10,30	8,20			15	34,64	11,85	9,79	5,02
1. cyklus	1	30,95	11,23	9,16	1,22	6. cyklus	1	33,66	11,61	9,71	3,76
	2	30,99	11,23	9,16	1,25		2	33,82	11,64	9,61	3,88
	3	31,13	11,21	9,18	1,31		3	33,49	11,51	9,66	3,58
	13	30,67	10,78	8,79	0,94		13	31,43	10,93	8,98	1,62
	14	30,70	10,91	8,93	1,09		14	31,24	11,13	9,11	1,65
	15	31,09	11,06	9,05	1,48		15	32,65	11,09	9,19	2,81
2. cyklus	1	34,81	10,31	7,90	4,53	7. cyklus	1	33,37	11,69	9,82	3,57
	2	32,40	10,99	8,77	2,18		2	33,50	11,82	9,87	3,75
	3	32,94	10,86	8,61	2,71		3	33,23	11,51	9,68	3,36
	13	30,89	10,88	8,98	1,24		13	31,77	10,97	8,98	1,90
	14	30,94	10,99	9,08	1,37		14	31,70	10,96	9,00	1,89
	15	31,69	11,26	9,26	2,11		15	32,43	10,94	9,13	2,55
3. cyklus	1	36,28	10,49	8,08	5,98	8. cyklus	1	32,78	11,58	9,78	3,02
	2	35,46	10,38	7,86	5,18		2	32,90	11,53	9,65	3,06
	3	34,59	10,89	8,64	4,36		3	32,96	11,21	9,46	2,96
	13	30,96	11,02	9,02	1,38		13	31,47	11,02	9,08	1,74
	14	30,98	11,03	9,04	1,39		14	31,26	11,22	9,32	1,83
	15	33,19	11,04	8,70	3,18		15	32,42	10,91	9,13	2,54
4. cyklus	1	36,11	11,54	9,56	6,00	9. cyklus	1	32,68	11,24	9,38	2,66
	2	33,28	11,18	8,93	3,09		2	32,81	11,44	9,80	3,02
	3	34,15	11,51	9,51	4,15		3	32,91	11,29	9,62	2,99
	13	31,13	10,96	8,96	1,41		13	31,46	11,11	9,16	1,82
	14	31,09	11,08	9,14	1,54		14	31,32	11,20	9,23	1,81
	15	33,60	11,20	8,92	3,65		15	32,13	10,80	9,34	2,35

Příloha č. 17: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky umělého stárnutí nátěrového systému C<sup>ak(L)</sup>

	č. v.	L*	a*	b*	ΔE*		č. v.	L*	a*	b*	ΔE*
0. cyklus	1	40,51	24,48	22,60		5. cyklus	1	36,00	16,25	13,39	13,15
	2	42,30	25,86	25,25			2	37,07	16,95	14,74	14,74
	3	42,25	25,87	25,42			3	35,28	14,69	12,50	18,45
	13	31,10	8,01	7,92			13	30,87	5,77	6,61	2,61
	14	31,10	8,15	7,96			14	30,85	5,62	6,55	2,91
	15	31,16	8,10	7,93			15	31,75	5,59	6,76	2,83
1. cyklus	1	37,69	20,79	18,36	6,29	6. cyklus	1	35,48	14,91	12,05	15,11
	2	39,77	22,92	21,72	5,24		2	36,78	16,96	14,48	15,02
	3	38,68	21,58	19,96	7,81		3	34,78	14,51	12,02	19,09
	13	31,10	6,82	7,01	1,50		13	31,27	5,49	6,51	2,89
	14	31,20	6,76	6,88	1,76		14	31,40	5,21	6,25	3,41
	15	31,22	6,77	7,03	1,61		15	31,25	5,28	6,17	3,33
2. cyklus	1	37,64	16,52	14,57	11,67	7. cyklus	1	34,93	13,55	10,82	17,01
	2	39,48	21,50	19,88	7,47		2	36,16	14,77	12,52	17,96
	3	38,03	19,31	17,55	11,08		3	35,13	14,80	12,49	18,45
	13	31,44	6,41	6,92	1,92		13	31,38	5,10	6,25	3,37
	14	31,43	6,33	6,82	2,17		14	32,08	5,16	6,39	3,52
	15	31,23	6,52	7,09	1,79		15	31,67	5,07	5,98	3,64
3. cyklus	1	37,16	18,47	16,09	9,47	8. cyklus	1	34,67	12,82	10,22	17,98
	2	38,78	20,63	18,58	9,18		2	35,28	13,70	11,40	19,72
	3	37,73	19,51	17,67	11,00		3	32,71	10,60	8,93	24,42
	13	31,20	6,21	6,88	2,08		13	31,36	4,85	5,87	3,78
	14	31,28	6,21	6,78	2,28		14	31,30	4,82	5,48	4,16
	15	31,13	6,31	6,91	2,06		15	31,51	5,01	5,76	3,79
4. cyklus	1	35,56	15,43	12,80	14,23	9. cyklus	1	33,86	10,63	8,54	20,83
	2	37,52	18,71	16,36	12,37		2	35,01	12,50	10,21	21,40
	3	36,56	17,64	15,48	14,10		3	33,46	11,17	9,07	23,68
	13	31,36	6,03	6,77	2,30		13	31,54	4,71	5,65	4,03
	14	31,54	5,98	6,77	2,51		14	31,24	4,62	4,97	4,63
	15	31,30	6,13	6,85	2,25		15	31,67	4,87	5,37	4,15



Příloha č. 18: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot zkoušky umělého stárnutí nátěrového systému C<sup>al(L)</sup>

	č. v.	L*	a*	b*	ΔE*		č. v.	L*	a*	b*	ΔE*
0. cyklus	1	35,77	20,24	17,13		5. cyklus	1	34,10	15,61	14,91	5,40
	2	34,84	18,69	15,74			2	34,48	14,41	14,42	4,49
	3	35,58	19,82	16,89			3	34,86	14,96	15,46	5,12
	13	32,68	10,65	11,57			13	31,92	9,25	10,43	1,96
	14	32,53	10,69	11,61			14	32,92	9,65	11,27	1,16
	15	32,51	10,66	11,55			15	32,09	9,18	10,28	1,99
1. cyklus	1	34,82	17,22	14,38	4,19	6. cyklus	1	34,25	15,25	15,55	5,45
	2	34,21	15,78	13,31	3,84		2	33,00	14,85	15,27	4,28
	3	34,64	17,12	14,42	3,78		3	34,22	15,07	15,87	5,05
	13	32,42	9,62	10,42	1,57		13	31,96	9,03	10,61	2,02
	14	32,62	9,93	10,67	1,21		14	32,02	10,04	11,79	0,85
	15	32,47	9,65	10,33	1,58		15	31,63	9,24	10,75	1,85
2. cyklus	1	35,17	17,61	15,05	3,41	7. cyklus	1	34,11	15,38	16,07	5,24
	2	34,21	15,16	13,15	4,42		2	34,94	14,10	16,27	4,62
	3	34,87	16,21	13,94	4,72		3	34,60	14,50	16,27	5,44
	13	32,46	9,46	10,30	1,75		13	31,39	9,04	11,07	2,12
	14	32,65	9,72	10,70	1,34		14	31,68	10,20	12,32	1,21
	15	32,34	9,47	10,30	1,73		15	31,68	9,21	11,22	1,70
3. cyklus	1	34,67	16,00	14,03	5,37	8. cyklus	1	33,86	14,88	16,98	5,69
	2	34,67	14,77	13,13	4,71		2	33,60	14,38	17,27	4,74
	3	35,28	15,37	13,85	5,40		3	33,45	14,83	16,89	5,43
	13	32,31	9,37	10,26	1,87		13	31,90	8,97	11,63	1,85
	14	32,79	9,72	10,79	1,30		14	31,78	10,23	12,90	1,56
	15	32,21	9,53	10,40	1,64		15	31,84	9,12	11,78	1,70
4. cyklus	1	34,91	15,45	14,20	5,68	9. cyklus	1	34,21	14,98	17,51	5,50
	2	33,87	14,77	13,62	4,56		2	35,46	14,28	18,55	5,27
	3	34,66	15,35	14,36	5,22		3	35,00	14,47	18,08	5,51
	13	32,20	9,32	10,39	1,84		13	32,16	8,93	12,38	1,97
	14	32,45	9,82	10,94	1,10		14	31,19	10,65	13,95	2,70
	15	32,23	9,30	10,18	1,95		15	31,93	9,34	13,00	2,04